

## **Avaliação fisiológica e biomecânica longitudinal de nadadores de 9 a 14 anos de idade**

Dissertação apresentada às provas de Mestrado em Ciências de Desporto, realizado no âmbito do 2º Ciclo de Estudos em Desporto para Crianças e Jovens, nos termos do Decreto-Lei nº74/2006 Março.

**Orientador:** Professor Doutor Ricardo Fernandes

**Co-Orientador:** Professor Doutor Argyris Toubekis

**Sara Vanessa Neves Ferreira**

Porto, 2017

Ferreira, S. (2017). *Avaliação fisiológica e biomecânica longitudinal de nadadores de 9 a 14 anos de idade*. Porto: S. Ferreira. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Desporto para Crianças e Jovens, apresentado à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

PALAVRAS-CHAVE: FISIOLOGIA; BIOMECÂNICA, NATAÇÃO, RENDIMENTO DESPORTIVO, CROL, CADETES, INFANTIS.

## **Agradecimentos**

A conceção desta dissertação só foi exequível devido ao incentivo, cooperação e colaboração de inúmeras pessoas e instituições, às quais quero prestar a minha mais honesta gratidão:

Ao Professor Doutor Ricardo Fernandes por toda a orientação, disponibilidade e paciência demonstradas e por todo o conhecimento e sugestões partilhadas ao longo da minha formação académica permitindo assim o meu desenvolvimento.

Ao Professor Doutor Argyris Toubekis pelo inestimável suporte estatístico e de tratamento de dados, bem como por toda a ajuda e conhecimentos facultados.

Ao Clube Desportivo Feirense e ao Clube de Natação de Valongo, sua respetiva direção e coordenação técnica não só por permitirem e disponibilizarem os nadadores para realização da recolha de dados necessária à execução da minha tese como também pelo acompanhamento e disponibilidade prestados.

Ao treinador, amigo e colega de gabinete Diogo Carvalho pela imensa ajuda na recolha, tratamento e interpretação de dados, e por todas as sugestões e colaboração, interajuda e incentivo para a realização desta dissertação.

Ao treinador e amigo Antero Almeida pelo auxílio incansável na recolha dos dados, e pela paciência, amparo, companheirismo, amizade que demonstrou nos meus momentos mais difíceis nunca me deixando duvidar das minhas capacidades.

Ao treinador André Bastos por todo o conhecimento partilhado e por todas as vezes que me incitou a crescer profissionalmente.

Aos nadadores cadetes e infantis do Clube Desportivo Feirense e Clube de Natação de Valongo por todo o comprometimento, empenho e curiosidade na realização dos diversos testes ao longo da época desportiva. Era de todo impossível realizar esta dissertação sem vocês.

Aos meus colegas de gabinete, em especial ao Rodrigo Zacca por todo o conhecimento partilhado e pela ajuda na interpretação dos dados.

À Farmácia Romy e ao Laboratório farmacêutico Menarini pela disponibilização do aparelho e tiras que permitiram medir a glicemia, fundamental para a realização desta dissertação. Um especial beijinho à farmacêutica Cecília.

Ao meu namorado, por todo a paciência, apoio, compreensão e incentivo demonstrados ao longo de toda a minha formação académica e por todo o carinho, orgulho e amor que serviram de estímulo para o completar de um sonho.

Ao meu irmão, por todas as horas de desabafos, todas as palavras de incentivo e carinho, por todo o orgulho que nutriu por mim ao longo de todos estes anos e por fazer com que eu queira e lute para ser o teu exemplo a seguir.

Aos meus pais, por permitirem que realizasse formação académica e por me concederem uma boa educação assente em valores de esforço e perseverança que permitiram o crescimento pessoal e profissional.

Aos meus avós, por todo o orgulho que sentem em mim e por ajudarem os meus pais nesta árdua tarefa da educação.

À minha amiga Cátia Valinho, pela sua amizade, por ter estado sempre presente ao longo destes anos e pelas constantes palavras de carinho e encorajamento.

Aos meus padrinhos, tios e primos, pelo seu infindável orgulho.

A todos os meus amigos que fizeram parte do meu percurso académico, principalmente à Raquel Mateus, a Fátima Serra, a Marisa Figueiredo e o Daniel Castro, por todas as horas de conhecimento partilhado, por todas as gargalhadas provocadas e por todo o apoio e amizade ao longo destes anos.

À minha querida falecida avó, por todo o orgulho e por todas as vezes que a ouvi dizer a amigos "a minha Sarinha é tão aplicada, é a minha primeira neta a ir para a faculdade". Sei que onde quer que ela esteja está a olhar por mim.

## Índice Geral

<b>Agradecimentos</b>	<b>III</b>
<b>Índice Geral</b>	<b>V</b>
<b>Índice de Tabelas</b>	<b>VII</b>
<b>Resumo</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract</b>	<b>XI</b>
<b>Abreviaturas</b>	<b>XIII</b>
<b>Capítulo 1 - Introdução Geral</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2 - Avaliação fisiológica e biomecânica de nadadores de 9 a 14 anos de idade durante o primeiro macrociclo de treino de uma época desportiva</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 3 - Avaliação fisiológica e biomecânica de nadadores de 9 a 14 anos de idade ao longo de uma época desportiva.</b>	<b>21</b>
<b>Capítulo 4 - Discussão geral</b>	<b>37</b>
<b>Capítulo 5 - Conclusões</b>	<b>41</b>
<b>Capítulo 6 - Referências</b>	<b>43</b>



## Índice de Tabelas

### Capítulo 2:

Tabela 1 - Média  $\pm$  DP da idade cronológica, massa corporal, altura, maturação e frequência do treino dos nadadores presentes no estudo.....8

Tabela 2 - Percentagem do treino aeróbio, anaeróbio, técnico e condicional realizado no período preparatório e no período competitivo do macrociclo analisado.....9

Tabela 3 - Média  $\pm$  DP das variáveis cronométricas, fisiológicas e biomecânicas e respetiva evolução ao longo de um macrociclo de treino.....11

Tabela 4 - Valores de correlação do lactato e glicemia sanguíneos e frequência gestual aos 400m com a velocidade aos 400m nos diferentes momentos de avaliação.....13

Tabela 5 - Valores de correlação entre o lactato sanguíneo, a glicemia e a frequência gestual e a mudança da velocidade entre momentos de avaliação.....13

### Capítulo 3:

Tabela 1 - Média  $\pm$  DP da idade cronológica, massa corporal, altura, maturação e frequência de treinos semanais dos nadadores em estudo.....22

Tabela 2 - Percentagem do treino aeróbio, anaeróbio, técnico e condicional realizado no 1º, 2º e 3º macrociclo analisados.....24

Tabela 3 - Média  $\pm$  DP das variáveis cronométricas, fisiológicas e biomecânicas e respetiva evolução ao longo de uma época desportiva.....25

Tabela 4 - Valores de correlação da velocidade aos 400m com o lactato e glicemia sanguíneos, a frequência gestual e a distância de ciclo no final de cada macrociclo.....28

Tabela 5 - Valores de correlação entre o lactato e glicemia sanguíneos a frequência gestual e a distância de ciclo com a diferença de velocidade entre os macrociclos analisados.....	29
---	----



## Resumo

O rendimento na natação pura desportiva é influenciado por diversos fatores, destacando-se os fisiológicos e biomecânicos, sendo desenvolvido através de um processo de treino bem estruturado usando um planeamento e periodização cuidado. Contudo os estudos realizados em crianças e jovens, principalmente de cariz longitudinal que avaliem a evolução do rendimento desportivo do nadador e seus fatores associados são escassos. O objetivo desta dissertação é caracterizar e explicar a evolução desportiva de nadadores cadetes e infantis ao longo de uma época desportiva, tendo em conta o seu crescimento e maturação, e as suas características fisiológicas e biomecânicas. No primeiro estudo, ao longo de um macrociclo, participaram 43 nadadores e, no 2º estudo, ao longo de uma época desportiva, participaram 34 nadadores. Em ambos os estudos, os nadadores realizaram 400 m crol à velocidade máxima, tendo sido avaliados, durante a recuperação foram avaliadas as variáveis fisiológicas, (a frequência cardíaca aos 10 e 30 s e aos 1 e 2 min, e as concentrações de lactato sanguíneo, a glicemia e a escala de Borg aos 3 min). No lateral da piscina colocou-se uma câmara de vídeo que gravou 15 m de nado para posterior análise das variáveis biomecânicas (frequência gestual e distância de ciclo). Observou-se evolução cronométrica nos 400m ao longo do macrociclo desportivo ( $444.40 \pm 76.95$  vs  $408.95 \pm 61.40$ ) e de uma época desportiva ( $432.37 \pm 71.78$  vs  $366.66 \pm 47.7$ ). No entanto, durante um macrociclo, as variáveis fisiológicas com a exceção da glicemia e biomecânicas não se alteraram. Ao longo de uma época desportiva verificou-se um aumento das concentrações de lactato sanguíneo ( $6.04 \pm 2.33$  vs  $7.94 \pm 2.74$ ) e da distância de ciclo ( $1.58 \pm 0.24$  vs  $1.78 \pm 0.22$ ). O rendimento desportivo obtido ao longo do macrociclo parece ser devido à melhoria da distância de ciclo, (melhorando assim a eficiência propulsiva), enquanto o aumento da distância de ciclo e do lactato sanguíneo (resultado do constante treino técnico e aumento do treino anaeróbio) parecem explicar a evolução aos 400 m ao longo de uma época desportiva. Estes dados experimentais permitiram perceber o efeito de uma época desportiva mais

específica no rendimento desportivo aos 400m crol e respetivas variáveis fisiológicas e biomecânicas em nadadores cadetes e infantis.

**PALAVRAS-CHAVE:** EVOLUÇÃO, FISIOLOGIA; BIOMECÂNICA, NATAÇÃO PURA DESPORTIVA, RENDIMENTO DESPORTIVO, CROL, CADETES, INFANTIS.

## **Abstract**

The performance in swimming is influenced by several factors, especially the physiological and biomechanical, being developed through a well structured training process using a careful planning and periodization. However, studies conducted in children and young people, mainly longitudinal studies, that access the evolution of swimmers performance and its associated factors are scarce. The purpose of this dissertation is to characterize and explain the swimming improvement of age group swimmers during a competitive season, taking into account the their growth and maturation, and their physiological and biomechanical characteristics. In the first study, in a macrocycle, 43 swimmers participated and in the second study, in a competitive season, 34 swimmers participated. In both studies, swimmers performed 400 m front crawl at maximum velocity and were evaluated during physiological recovery (the heart rate at 10 and 30 if at 1 and 2 min, and blood lactate concentrations, glycemia and the Borg scale at 3 min). On side pool was placed a video camera that recorded 15 m of swimming for later analysis of the biomechanical variables (stroke rate and stroke lenght). There was an improvement in time performance in the 400m along the macrocycle ( $444.40 \pm 76.95$  vs  $408.95 \pm 61.40$ ) and in a competitive season ( $432.37 \pm 71.78$  vs  $366.66 \pm 47.7$ ). However, during a macrocycle, the physiological variables with the exception of glycemia and biomechanics did not change. During an competitive season there was an increase in blood lactate concentrations ( $6.04 \pm 2.33$  vs  $7.94 \pm 2.74$ ) and stroke lenght ( $1.58 \pm 0.24$  vs  $1.78 \pm 0.22$ ). The competitive performance obtained throughout the macro cycle seems to be due to improved of stroke lenght (there by improving propulsive efficiency), while increased stroke lenght and blood lactate concentration (as a result of technical training and increased of anaerobic training) seem to explain the improvement at 400 m over a competitive season. These experimental data allowed us to perceive the effect of a more specific competitive season on the 400 m performance and respective physiological and biomechanical variables in age group swimmers.

**KEY - WORDS:** IMPROVEMENT, PHYSIOLOGY ; BIOMECHANIC, COMPETITIVE SWIMMING, COMPETITIVE PERFORMANCE, FRONT CRAWL, AGE GROUP SWIMMERS.

## **Abreviaturas**

- NPD: Natação pura desportiva
- VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxigénio
- min: minutos
- s: segundos
- DP: Desvio padrão
- $\pm$ : mais ou menos
- $\sim$ : aproximadamente



## Capítulo 1 - Introdução Geral

O rendimento desportivo em geral e em particular na natação pura possui uma natureza complexa, estando dependente de múltiplos fatores (Sousa, 2009; Morais, 2013; Silva, 2014), destacando-se os bioenergéticos e biomecânicos. Esta complexidade, aliada ao objetivo de atingir os mais elevados índices de rendimento, tornam o trabalho do treinador decisivo e de extrema importância. Sendo assim, o treinador deve realizar um planeamento e uma periodização cuidada, focada na individualidade do nadador, orientada por objetivos bem estruturados e passíveis de serem atingidos, com métodos de treino eficazes, tendo sempre em conta as exigências temporais do calendário competitivo (Matveev, 1981; Verkhoshansky, 2007; Mano et. al 2016).

O planeamento dos microciclos, os elementos mais variáveis da estrutura do treino (Matveev, 1981), mesociclos e macrociclos deve ter em conta a periodização as cargas de treino (Rama, 2009). Os macrociclos assumem um papel fundamental pois são o segmento fundamental do planeamento e o completar de um ciclo de aprendizagens, adaptações e realizações do nadador (Vilas-Boas, 1998). A carga de treino é usualmente descrita como a combinação da frequência, intensidade e volume das unidades de treino (Mujika et al. 1995), sendo o volume, intensidade, densidade e complexidade as suas componentes (Maglischo, 2003). O volume tem uma maior preponderância na etapa de preparação geral do período preparatório, seguido de uma diminuição progressiva e estabilização juntamente com um aumento da intensidade na etapa de preparação específica (Matveev, 1981).

Na tentativa de controlar e avaliar o processo de treino, de avaliar a adaptação fisiológica dos nadadores às cargas externas e obter informações acerca da qualidade de estruturação do planeamento, a avaliação e controlo de treino surge como um aspeto determinante para a melhoria da performance dos nadadores (Peyrebrune et al. 1992; Smith et al. 2002, Fernandes et al. 2009). Em contexto de investigação, no que se refere à avaliação dos fatores

bioenergéticos, os investigadores têm usado variáveis como a frequência cardíaca, o consumo de oxigénio e as concentrações de lactato sanguíneo (Peyrebrune et al. 1992, Fernandes et al. 2014a), pois estas variáveis estão fortemente correlacionadas com a performance desportiva (Peyrebrune et al. 1992; Denadai, et al. 2000).

Já a avaliação dos fatores biomecânicos é usualmente obtida através da determinação da frequência gestual, distância de ciclo, índice de braçada, (Alves, 1993; Barbosa et al. 2010), embora a eficiência propulsiva (Figueiredo et al. 2013a) e as variáveis cinemáticas (de Jesus et al. 2012), cinéticas (de Jesus et al. 2016), eletromiográficas (Fernandes et al. 2010a; Figueiredo et al. 2013b) e termodinâmicas (Seixas et al. 2014), sejam cada vez mais usadas. A avaliação dos diferentes parâmetros influenciadores de rendimento em contexto de treino, particularmente na natação pura desportiva (NPD), pode ser de difícil acesso, recorrendo-se assim a métodos de mais fácil operacionalização, como a escala de Borg (Borg, 1995; Taylor et al 1999).

Apesar dos nadadores estarem cada vez mais envolvidos no treino em idades mais jovens, por volta dos 9-11 anos (Denadai et al. 2000; Fernandes et al. 2008; Lätt et al. 2009), a escassez de investigação científica em NPD, sobretudo de cariz longitudinal, mais concretamente na área do treino desportivo em crianças e jovens (Silva, 2011; Marinho et al. 2016) faz com que o processo de treino nestas idades seja pouco objetivo. De facto este é muito baseado no que se realiza em nadadores juniores e seniores, não se adaptando o treino às características peculiares das crianças e jovens inerentes ao processo de crescimento e maturação, os quais influenciam os níveis de produção de força (Silva, et. al 2014), a frequência gestual e distância de ciclo (Mezzaroba et. al 2014) e a capacidade glicolítica (Denadai et. al. 2000).

Nesta dissertação, procurou-se caracterizar e explicar a evolução desportiva de nadadores cadetes e infantis ao longo de uma época desportiva, tendo em conta o seu estado de crescimento e maturação, e as suas características fisiológicas e biomecânicas. Este trabalho está dividido em sete capítulos,



sendo o primeiro e presente capítulo a introdução geral, onde se realiza uma contextualização sobre o tema e a descrição dos restantes capítulos. No capítulo 2 avaliamos a evolução cronométrica, fisiológica e biomecânica em nadadores cadetes e infantis ao longo de um macrociclo de treino, hipotetizando que os nadadores têm uma evolução positiva longitudinal em todas as variáveis estudadas.

No capítulo 3 pretendemos perceber se há evolução cronométrica, fisiológica e biomecânica ao longo de uma época desportiva, comparando os dados obtidos no final do primeiro macrociclo, com os recolhidos no final do segundo e terceiro macrociclos e percebendo de que forma é que essa evolução pode dever-se às variáveis fisiológicas, biomecânicas ou à combinação entre ambas. Espera-se que os nadadores evoluam positivamente relativamente ao primeiro momento de avaliação e que seja resultado da combinação da melhoria da evolução fisiológica e biomecânica.

A discussão geral dos resultados obtidos nos capítulos anteriores com a respetiva literatura da especialidade está presente no capítulo 4, encontrando-se as conclusões finais no capítulo 6. No último capítulo estão presentes as referências bibliográficas que serviram de suporte a esta dissertação



## **Capítulo 2 - Avaliação fisiológica e biomecânica longitudinal durante um macrociclo de treino de nadadores cadetes e infantis**

---

### **Introdução**

Potencializar ao máximo o rendimento desportivo do nadador, de modo a estar no pico do seu rendimento no momento das competições principais, não é de todo possível sem um planeamento e uma periodização bem estruturados (Matveev, 1981; Ravé et al. 2007; Silva et al. 2007). Assim sendo, o planeamento deve ser guiado por objetivos, visando a progressão sistemática do nadador (Maglischo, 2003), pois é impossível melhorar o seu rendimento sem haver um treino especializado que a partir de um certo momento não provoca mais adaptações (Navarro, 2001). O princípio da alternância entre carga e recuperação, a relação entre o volume, a intensidade da carga e a frequência de treinos semanais, são problemáticas que o treinador tem de lidar (Matveev, 1981; Mano et al. 2016), fazendo com que o seu papel seja de extrema importância e complexidade.

O planeamento deve contemplar tarefas relativas ao controlo e avaliação do treino, de modo a avaliar os seus efeitos, o desenvolvimento e o estado de saúde e de evolução dos nadadores fornecendo assim informação que nos permita fazer uma previsão da performance desportiva futura (Smith et al. 2002; Fernandes et al. 2014b) e ajustar o planeamento em prol dos nadadores. A procura constante de conhecimento por parte dos técnicos de NPD, na incessante busca por métodos de treino mais eficientes, deve ser realizada tendo sempre em vista a progressão e a máxima prestação do nadador na competição.

A época desportiva é dividida em ciclos de treino de menor duração, nomeadamente os macrociclos, mesociclos e microciclos (Maglischo, 2003). Os macrociclos são os ciclos maiores e fundamentais de uma época desportiva (Riewald, 2015; Mano et al. 2016) e o completar de uma fase de adaptações desportivas previamente programadas (Verkhoshansky, 2007), determinados

pelas competições principais do calendário competitivo (Issurin, 2010). No modelo clássico de Matveev (1981), um macrociclo é subdividido em período preparatório, período competitivo e período de transição e, por sua vez o período preparatório é subdividido nas etapas de preparação geral e preparação específica (Matveev, 1981; Maglischo, 2003; Issurin, 2010; Mano et.al. 2016).

É na etapa geral do período preparatório que se criam os alicerces para uma boa forma desportiva que permita ao nadador enfrentar o treino intenso e específico que se seguirá ao longo dos restantes mesociclos do macrociclo (Matveev, 1981; Maglischo, 2003; Ravé et al. 2007). Como a NPD é uma modalidade mista, ou seja, o seu rendimento depende quer de fatores bioenergéticos quer de fatores biomecânicos (Fernandes, et al. 2014b), o treino de base não assenta só na melhoria das capacidades físicas, mas sim na melhoria dos aspetos coordenativos, devendo ser elevado o trabalho técnico neste período (Maglischo, 2003).

Por sua vez o treino na etapa específica do período preparatório tem como principais objetivos a melhoria da capacidade e potência anaeróbias, pois a maioria das provas na NPD tem uma duração inferior a 2 min (Fernandes et al. 2014b), e a melhoria da potência aeróbia (Maglischo, 2003), utilizada na sua plenitude na prova de 400 m crol (Zacca et al. 2016). Contrariamente à etapa de preparação geral, aqui já se verifica um treino mais orientado para as técnicas em que o nadador é especialista e/ou das provas que ele terá que realizar nas competições principais. Nestas duas etapas verificam-se, inicialmente, um elevado volume de trabalho e baixa intensidade, seguido de um aumento progressivo da intensidade juntamente com a diminuição progressiva do volume de treino (Maglischo, 2003; Arroyo-Toledo et al. 2013, Clemente-Suaréz et al. 2017).

Posteriormente, no período competitivo, o foco está baseado na manutenção do que foi assimilado anteriormente, no aperfeiçoamento de outros aspetos através de métodos de treino do tipo competitivo e no aumento de estratégias para conservar a técnica durante toda a prova (Maglischo, 2003). Durante este

período deve-se utilizar estratégias de visualização mental para preparar os nadadores para a competição e é no final deste que ocorre o taper (Mujika, 2009). No taper há uma redução significativa da carga de treino, na tentativa de diminuição da fadiga fisiológica e psicológica, de modo a potencializar o rendimento desportivo para a competição (Pyne, et al. 2009; Mujika, 2009; Mano et al. 2016).

É sabido que o treino desportivo, mais concretamente da capacidade aeróbia, além de adaptações musculares esqueléticas, provoca adaptações nos sistemas cardiovascular, endócrino, respiratório e metabólico (Winder et al. 1979; Maglischo 2003; Domiciano et al. 2011), tanto em adultos como em crianças. A nível metabólico, o treino provoca o aumento da capacidade oxidativa (Blomqvist, 1983), enquanto que no sistema endócrino as alterações centram-se no aumento das reservas da glicose (Maglischo, 2003), no aumento da sensibilidade à insulina (Maglischo, 2003; Faigenbaum et al 2010) e no aumento das catecolaminas circulantes no plasma sanguíneo (Winder et al. 1979). Além disto, provoca um aumento das dimensões cardíacas, da diferença artero-venosa, do volume sistólico e do débito cardíaco (Blomqvist, 1983; Maglischo, 2003). Como o consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ) é o produto do débito cardíaco pelo diferença artero-venosa, conclui-se que este aumenta com o treino (Blomqvist, 1983; Ogawa, 1992).

Comparando os efeitos do treino entre adultos e crianças é possível afirmar que os jovens nadadores têm menor quantidade de enzimas glicolíticas e grande quantidade de enzimas oxidativas (Denadai, et al. 2000), levando a uma menor concentração de lactato como resposta ao esforço (Eriksson & Saltin, 1974; Sousa, 2009; Borges et al. 2016). Relativamente ao  $VO_{2max}$ , este é inferior nas crianças quando comparado com o dos adultos, aumentando gradualmente durante a infância (Mascarenhas et al. 2006), havendo, no entanto, para a mesma intensidade de esforço, uma maior contribuição aeróbia relativamente à anaeróbia nas crianças quando comparado aos adultos (Morais et al. 2013).

O sucesso do rendimento desportivo nas crianças e nos adolescentes, no desporto em geral e na NPD em particular, depende do seu crescimento e da sua maturação (Lätt et al 2009; Mezzaroba et al. 2014; Morais et al. 2015). O crescimento é entendido como o aumento do tamanho corporal e/ou de segmentos corporais (Borges et al. 2016), o que determina a antropometria do nadador. As características antropométricas do nadador tem vindo a ser indicado como um dos fatores determinantes para a performance em jovens nadadores (Fernandes et al. 2002; Siervogel et al 2003; Figueiredo et al. 2016).

A ocorrência de aspetos maturacionais específicos, como o desenvolvimento dos pelos púbicos, o desenvolvimento genital nos rapazes e o desenvolvimento mamário nas raparigas (Baxter-Jones et al. 2005), e o ritmo e progressão que acontece esse desenvolvimento (Borges et al. 2016), também são determinantes para a performance (Lätt et al. 2009; Mezzaroba et al. 2014; Morais, 2015). Apesar da maturação ocorrer desde a concepção até ao estado maduro (Borges et al. 2016), é durante a puberdade que ocorrem as maiores alterações no organismo (Siervogel et al 2003; Baxter-Jones et al 2005). O crescimento e a maturação influenciam o nadador tanto a nível fisiológico como a nível biomecânico, quanto ao aumento das capacidades físicas (Baxter-Jones et al 2005; Lätt et al 2009), da produção de força (Morais, 2013), da frequência gestual e da distância de ciclo (Mezarroba et al. 2014), que são essenciais ao rendimento em NPD.

Considerando que, quer em adultos quer em crianças, o planeamento de um macrociclo de treino é deveras importante para uma boa performance e que os estudos longitudinais que envolvam variáveis fisiológicas e biomecânicas em jovens nadadores é escassa, este estudo tem como objetivo verificar se há evolução cronométrica, fisiológica e biomecânica ao longo de um macrociclo de treino de uma época desportiva em nadadores jovens. Hipotetizou-se que os jovens nadadores desenvolvem o seu rendimento ao longo de um macrociclo de treino resultado da melhoria das variáveis fisiológicas e biomecânicas.

## Material e Métodos

### Amostra

Quarenta e três nadadores (29 rapazes e 14 raparigas) de idades compreendidas entre os 9 e os 14 anos, participaram voluntariamente no presente estudo (as suas principais características encontram-se presentes na Tabela 1). A idade cronológica refere-se à data de início do estudo e a maturação foi determinada por meio de uma autoavaliação realizada por parte dos nadadores acerca do seu desenvolvimento genital e estágio de pelos púbicos (rapazes) e desenvolvimento mamário e estágio dos pelos púbicos (raparigas) (Tanner, 1962). O estudo foi submetido à comissão de ética local e todos os pais/encarregados de educação dos nadadores foram informados dos pressupostos e propósitos do estudo, assinando um consentimento informado antes da participação dos educandos no estudo.

**Tabela 1** - Média  $\pm$  DP da idade cronológica, maturação, massa corporal, altura, e frequência do treino dos nadadores presentes no estudo.

Variáveis	Rapazes (Média $\pm$ DP)	Raparigas (Média $\pm$ DP)	Amostra total (Média $\pm$ DP)
Idade Cronológica (anos)	11.90 $\pm$ 1.08	10.74 $\pm$ 0.91	11.62 $\pm$ 1.19
Maturação (estádio tanner)	2.93 $\pm$ 0.95	2.71 $\pm$ 1.15	2.86 $\pm$ 1.02
Massa Corporal (kg)	45.02 $\pm$ 9.27	40.36 $\pm$ 8.43	43.50 $\pm$ 9,17
Altura (m)	1.53 $\pm$ 0.10	1.46 $\pm$ 0.09	1.51 $\pm$ 0.10
Frequência de treino semanal (dias)	5.79 $\pm$ 0.62	5.57 $\pm$ 0.85	5.67 $\pm$ 0.84

Relativamente às variáveis antropométricas avaliadas, os valores médios de altura foram maiores entre todos os momentos de avaliação (1.51  $\pm$  0.10 vs 1.52  $\pm$  0.11 vs 1.53  $\pm$  0.11 vs 1.54  $\pm$  0.10 m, correspondendo ao início da etapa de preparação geral, fim da etapa de preparação geral, fim da preparação específica e fim do período competitivo, respetivamente) A massa corporal apenas apresentou aumento entre o início e fim da etapa de preparação geral (43.50  $\pm$  9.17 vs 44.11  $\pm$  9.20 kg) e entre o início da preparação geral e o final período competitivo (43.50  $\pm$  9.17 vs 44.67  $\pm$  9.35 kg).

## Metodologia

Os nadadores realizaram, em piscina de 25 m com a água aquecida a uma temperatura de 28°, um teste de 400 m crol à velocidade máxima em quatro momentos distintos do primeiro macrociclo da época desportiva 2016/2017: início e final da etapa de preparação geral e final da etapa da preparação específica do período preparatório e final do período competitivo. As características do macrociclo estão presentes no Tabela 2, sendo a intensidade da carga 0.76, 0.91 e 0.92 unidades arbitrárias de treino, da etapa de preparação geral, da etapa de preparação específica e do período competitivo, respetivamente. A intensidade da carga foi calculada segundo o modelo de unidades arbitrárias (adaptado de Figueiredo et al, 2008). Treinadores habilitados cronometraram os tempos parciais a cada 100 m e o tempo final dos 400 m crol nos quatro momentos de avaliação.

**Tabela 2** - Percentagem do treino aeróbio, anaeróbio, técnico e condicional realizado nos períodos preparatório e competitivo do macrociclo analisado.

Variáveis	Período preparatório		Período competitivo
	Etapa geral	Etapa específica	
Treino aeróbio	96%	93%	84%
Treino anaeróbio	4%	7%	17%
Treino técnico	32%	31%	21%
Treino Condicional	68%	69%	79%

No final de cada 400 m crol, durante o período de recuperação, a frequência cardíaca foi medida aos 10 e 30 s, e aos 1 e 2 min com recurso a um cardiofrequencímetro (Polar Electro, Kempele, Finland). De igual forma foram recolhidas aos 3 minutos amostras de sangue capilar do dedo indicador para obter as concentrações de lactato sanguíneo (Lactate Pro, Arkay, Inc., Kyoto, Japan) e para analisar os valores de glicemia pós esforço (Glucocard™Mx, A.Menarini, Paço de Arcos, Portugal). Como a glicemia e as concentrações de



lactato sanguíneo são altamente influenciadas pela alimentação (Reilly et al. 1999; Alodhayani et al. 2017), foi solicitado aos pais dos nadadores que registassem a dieta alimentar realizada pelos seus educandos, de modo a minimizar as alterações do lactato sanguíneo e glicemia no sangue no momento das avaliações. Os nadadores, já anteriormente familiarizados com a escala de percepção subjetiva de esforço (Borg, 1998), atribuíram um valor de 0 a 20 reflexo do exercício realizado quando terminaram os 400 m crol.

Na lateral do cais da piscina colocou-se uma câmara de vídeo (HDR-CX160E 60Hz, Sony, Tokio, Japan) captando 15 m de nado (excluindo os 5m da partida e das viragens), para obter a frequência gestual a cada 25 m. A frequência gestual, ou seja, a média de ciclos completos de ação de membros superiores durante uma distância de 15 m foi determinada com a ajuda da ferramenta de análise Kinovea (Kinovea 8.15, France).

### **Análise estatística**

Os valores da frequência cardíaca, lactato, glicemia e esforço percebido foram inseridos no Excel 2007 (Microsoft, Redmond, Washington, EUA) para posterior análise estatística. A média e desvio padrão foram obtidas para todas as variáveis presentes no estudo nos quatro momentos de avaliação, permitindo realizar posteriormente uma ANOVA uni-variada para observar as possíveis mudanças ocorridas ao longo do macrociclo. Quando observadas diferenças, realizou-se um teste post-hoc Turkey para perceber entre que momentos é que essas diferenças foram significativas. O coeficiente de correlação de Pearson também foi utilizado para verificar quais variáveis são melhores preditores do rendimento desportivo, assim como a associação entre elas. O nível de significância utilizado foi de 5%.

### **Resultados**

Na tabela 3, estão descritas as variáveis cronométricas, fisiológicas e biomecânicas ao longo do macrociclo analisado.

**Tabela 3** - Média  $\pm$  DP das variáveis cronométricas, fisiológicas e biomecânicas e respetiva evolução ao longo de um macrociclo de treino.

Variáveis	Início da etapa de preparação geral	Fim da etapa de preparação geral	Fim da etapa de preparação específica	Fim do período competitivo
Tempo 400 m (s)	444.40 $\pm$ 76.95	426.00 $\pm$ 67.61*	412.83 $\pm$ 61.11*+	408.95 $\pm$ 61.40*+
Velocidade 1º s 100 m (m/s)	1.00 $\pm$ 0.17	1.04 $\pm$ 0.16*	1.06 $\pm$ 0.16*	1.08 $\pm$ 0.17*+x
Velocidade 2º s 100 m (m/s)	0.90 $\pm$ 0.15°	0.93 $\pm$ 0.15°*	0.96 $\pm$ 0.15°*+	0.97 $\pm$ 0.15°*+
Velocidade 3º s 100 m (m/s)	0.89 $\pm$ 0.15°	0.93 $\pm$ 0.16°*	0.96 $\pm$ 0.15°*+	0.97 $\pm$ 0.15°*+
Velocidade 4º s 100 m (m/s)	0.92 $\pm$ 0.16°- <sup>-</sup>	0.96 $\pm$ 0.16°- <sup>-</sup> *	0.99 $\pm$ 0.16°- <sup>-</sup> *+	1.00 $\pm$ 0.16°- <sup>-</sup> *+
Frequência cardíaca 10 s (bpm)	181.58 $\pm$ 12.05	181.98 $\pm$ 16.08	178.38 $\pm$ 20.03	185.31 $\pm$ 12.53x
Frequência cardíaca 30 s (bpm)	161.78 $\pm$ 14.26	165.26 $\pm$ 18.89	162.55 $\pm$ 21.66	168.38 $\pm$ 14.74*x
Frequência cardíaca 1min (bpm)	141.55 $\pm$ 13.68	142.12 $\pm$ 15.19	142.21 $\pm$ 15.30	144.14 $\pm$ 13.05
Frequência cardíaca 2 min(bpm)	129.93 $\pm$ 13.71	126.21 $\pm$ 14.46	124.52 $\pm$ 12.61	127.95 $\pm$ 11.35
Lactato sanguíneo (mmol/l)	5.97 $\pm$ 2.37	6.47 $\pm$ 3.06	5.72 $\pm$ 2.16	6.24 $\pm$ 2.56
Glicemia (mmol/l)	109.05 $\pm$ 16.02	111.02 $\pm$ 16.42	93.33 $\pm$ 16.99*+	101.30 $\pm$ 19.61*+x
Escala de Borg	14.88 $\pm$ 1.95	14.88 $\pm$ 2.04	14.74 $\pm$ 2.22	14.95 $\pm$ 2.32
Frequência gestual 1º 100 m (ciclos/min)	38.4 $\pm$ 3.7	38.6 $\pm$ 4.0	39.0 $\pm$ 4.5	39.0 $\pm$ 4.6
Frequência gestual 2º 100 m (ciclos/min)	35.4 $\pm$ 4.0°	35.5 $\pm$ 4.4°	36.0 $\pm$ 4.8°	36.2 $\pm$ 4.6°
Frequência gestual 3º 100 m (ciclos/min)	35.0 $\pm$ 4.2°	35.7 $\pm$ 4.7°	36.2 $\pm$ 4.4°	36.1 $\pm$ 4.4°
Frequência gestual 4º 100 m (ciclos/min)	36.3 $\pm$ 4.8°- <sup>-</sup>	36.8 $\pm$ 4.9°- <sup>-</sup>	37.9 $\pm$ 4.5°- <sup>-</sup>	37.1 $\pm$ 4.7°- <sup>-</sup>
Frequência gestual 400 m (ciclos/min)	36.3 $\pm$ 3.9	36.7 $\pm$ 4.3	37.3 $\pm$ 4.4*	37.1 $\pm$ 4.4*

Legenda: \*, + e x significam diferente do 1º, 2º e 3º momentos e °, -, - significam diferente do 1º, 2º e 3º parcial, respetivamente (p<0.05)

De uma forma geral, podemos ver uma melhoria média de ~ 36 s ao longo do macrociclo no tempo realizado aos 400 m crol, no entanto, entre o fim da etapa

de preparação específica e o período competitivo os valores de tempo aos 400 m são similares. Em todos os momentos de avaliação os primeiros 100 m de nado foram mais rápidos comparativamente com os restantes parciais e, nos últimos 100 m, apesar de serem mais lentos que o primeiro parcial, há um aumento da velocidade quando comparado com os segundos e terceiros parciais. Comparando os tempos de cada parcial entre os momentos de avaliação apenas não existe diferenças entre o fim da preparação específica e o fim do período competitivo, sendo o tempo obtidos nestes dois últimos momentos e no final da etapa de preparação geral mais rápidos que os obtidos no início desta.

A frequência cardíaca aos 10 s é menor no fim da etapa de preparação específica quando comparada com o fim do período competitivo. Também a aos 30 s esta é menor no início da etapa de preparação geral e específica quando comparada com o fim do período competitivo, registando neste último os maiores valores. Os valores de lactato sanguíneo e do esforço percebido não diferem ao longo do macrociclo. Por último, os valores de glicemia apresentados no final da etapa de preparação específica e do período competitivo são menores que nos restantes momentos, sendo os valores do fim do período competitivo maiores que os obtidos no fim da etapa de preparação específica.

Ao nível da frequência gestual esta não difere ao longo do macrociclo, apesar de em todos os momentos de avaliação a frequência gestual é maior nos primeiros 100m, diminuindo nos restantes parciais. A frequência gestual nos segundos e terceiros parciais de 100 m é semelhante, havendo um aumento no último parcial de 100 m. Foram realizadas correlações entre as variáveis fisiológicas e biomecânicas estudadas e a velocidade da avaliação realizada nos quatro momentos de avaliação, estando estas descritas na tabela 4, podendo observar-se que o lactato sanguíneo, a glicemia e a frequência gestual aos 400 m têm uma relação direta com a velocidade aos 400 m.

**Tabela 4** - Valores de correlação do lactato e glicemia sanguíneos e frequência gestual aos 400m com a velocidade aos 400 m nos diferentes momentos de avaliação.

Variáveis	Lactato sanguíneo (mmol/l)	Glicemia (mmol/l)	Frequência gestual 400 (m)
Velocidade T1	0.46*	0.45*	0.48*
Velocidade T2	0.40*	0.51*	0.54*
Velocidade T3	0.38*	0.58*	0.46*
Velocidade T4	0.64*	0.60*	0.61*

Legenda: T1 - Início da etapa de preparação geral; T2 - Fim da etapa de preparação geral; T3 - Fim da etapa de preparação específica; T4 - Fim do período competitivo, ( $p < 0.05$ )

Também foram realizadas correlações entre as variáveis fisiológicas e biomecânicas e a mudança de velocidade entre momentos de avaliação podendo observar-se há uma relação direta entre todas as variáveis e a mudança de velocidade entre o fim da etapa de preparação específica e o fim da etapa de preparação geral. Há também um relação direta entre o lactato sanguíneo e a velocidade entre o fim do período competitivo e o fim da etapa de preparação específica, isto é, o lactato sanguíneo e a velocidade aumentam na mesma proporção, assumindo-se assim que quanto maior a produção de lactato maior é a velocidade entre estes dois momentos de avaliação.

**Tabela 5** - Valores de correlação entre o lactato sanguíneo, a glicemia e a frequência gestual e a mudança da velocidade entre momentos de avaliação.

Variáveis	Lactato sanguíneo (mmol/l)	Glicemia (mmol/l)	Frequência gestual (ciclos/min)
Velocidade $\Delta T2-T1$	0.25	0.04	0.18
Velocidade $\Delta T3-T2$	0.33*	0.42*	0.48*
Velocidade $\Delta T4-T3$	0.53*	0.15	0.19

Legenda: T1 - Início da etapa de preparação geral; T2 - Fim da etapa de preparação geral; T3 - Fim da etapa de preparação específica; T4 - Fim do período competitivo;  $p < 0.05$

## Discussão

A investigação em NPD ainda está muito centrada em estudos transversais realizados em nadadores adultos, sendo reduzidas as análises em jovens nadadores, quer de cariz transversal quer de cariz longitudinal. Os estudos de delineamento longitudinal ajudam a compreender de que forma o planeamento influi no rendimento desportivo de jovens nadadores, quais são os fatores que influenciam a performance nestas faixas etárias e a sua contribuição relativa ao longo de uma época desportiva (Morais et al. 2014). Sendo assim, é extremamente útil a realização de investigação longitudinal, não só do ponto de vista teórico para investigadores, como do ponto de vista prático para treinadores.

Este estudo teve como principal objetivo verificar se houve evolução cronométrica, fisiológica e biomecânica ao longo de um macrociclo 15 semanas de treino de uma época desportiva de nadadores jovens. Segundo o nosso conhecimento, não foram ainda realizadas investigações de carácter longitudinal ao longo de um macrociclo desportivo que permitissem aceder a informação acerca da evolução cronométrica, fisiológica e biomecânica em 400 m crol máximo em nadadores jovens. De realçar também o número de sujeitos de nadadores analisados (43), claramente superior ao habitualmente usado em amostras de estudos em NPD.

Os valores cronométricos obtidos vão de encontro à hipótese que tínhamos formulado inicialmente, ou seja, um macrociclo de treino marcadamente aeróbio é suficiente para promover uma melhoria no rendimento desportivo aos 400 m crol em jovens nadadores, observando-se uma melhoria entre o início da etapa de preparação geral e o fim do período competitivo. Além disto no decorrer do macrociclo também houve melhorias, não havendo evolução apenas entre o fim da etapa de preparação específica e o fim do período competitivo, provavelmente devido a só ter havido duas semanas entre estes dois momentos de avaliação, (aparentemente não suficientes para a mudança no rendimento desportivo em nadadores com estas características.)

Comparando os valores de lactato sanguíneo obtidos no presente estudo com a literatura nestas faixas etárias é possível observar valores semelhantes de lactato sanguíneo aos 400 m crol (Lätt et al 2009). No entanto, tendo em conta a escassez de estudos nestas faixas etárias, quando confrontados os nossos resultados com os obtidos em nadadores adolescentes, pode-se verificar menores valores de lactato sanguíneo ( $10.6 \pm 2.1$  mmol/l) e de esforço percebido ( $18 \pm 2$ ) (Zacca et al. 2016). Esta disparidade pode estar relacionada com o facto dos participantes do presente estudo serem crianças e terem menor quantidade de enzimas glicolíticas, e o treino a que se sujeitam ser pouco glicolítico, havendo assim uma menor concentração de lactato sanguíneo como resposta ao esforço (Denadai et al. 2000; Sousa, 2009 Borges et al. 2016).

Como a percepção subjetiva de esforço varia com a acidose metabólica, um valor inferior de lactato sanguíneo parece resultar num menor valor de esforço percebido (Taylor et al. 1999). Por outro lado, a atribuição de valores da escala de Borg pressupõe um conhecimento prévio da escala para providenciar valores mais fidedignos, podendo ser esta uma das adversidades encontradas pois, apesar da prévia habituação dos nadadores desde o início da presente época desportiva, consideramos que esta já devia ter sido utilizada com maior antecedência e regularidade desde os primeiros anos de treino.

A frequência cardíaca não se alterou ao longo do macrociclo, com a exceção da frequência cardíaca aos 30 s que revelou um aumento entre o início da etapa de preparação geral e o fim do período competitivo (embora nem sempre de forma progressiva pois não se verificou um aumento entre o fim das etapas de preparação geral e específica). A frequência cardíaca apresenta valores semelhantes aos encontrados em nadadores adolescentes ( $184 \pm 15$  bpm; Zacca et al. 2016), e ligeiramente inferiores aos encontrados em nadadores adultos ( $188 \pm 5$  vs  $186 \pm 5$  homens e mulheres, respetivamente; Schnitzler et al. 2008) mostrando assim que aparentemente a frequência cardíaca máxima não difere significativamente desde a infância até à idade adulta.

Estudos que incidam na determinação da glicemia em NPD são escassos, sendo esta investigação pioneira nesse âmbito. Desde o início da etapa de preparação geral até ao fim do período competitivo houve uma diminuição dos valores de glucose no sangue apesar da maior velocidade, o que pode significar uma maior adaptação ao treino aeróbio nestes escalões, aumentando assim a contribuição do sistema aeróbio como sistema fornecedor de energia. Os valores foram diferentes relativamente a nadadores adultos após 10 semanas de treino (Sengoku et al. 2011). Os presentes valores de glicemia podem ter sido afetados pelo facto dos nadadores almoçarem na escola, impedindo assim de fazer um controlo rigoroso da sua alimentação.

Apesar da descida dos valores de glicemia, as restantes variáveis fisiológicas e o esforço percebido não se alteraram de forma relevante ao longo do macrociclo, ainda que a performance aos 400 m tenha melhorado. Isto pode dever-se à alteração de outras variáveis como a economia de nado, a eficiência propulsiva e/ou variáveis antropométricas e maturacionais (Barzdukas, et al. 1992; Lätt et al. 2009). De facto, a eficiência propulsiva, sendo a potência mecânica externa empregada para vencer a força de arrasto (Ribeiro, 2010), está intimamente relacionada com os fatores biomecânicos (Alves, 1996), os quais são influenciados pela hidrodinâmica, hidrostática e antropometria do nadador (Morais et al. 2013)

A análise dos fatores biomecânicos foi realizada através da frequência gestual individual dos nadadores em cada parcial de 100 m, tendo sido possível observar maiores valores nos primeiros e últimos 100 m, e menores valores no segundo e terceiro parciais (um padrão semelhante ao longo do macrociclo). Num estudo prévio onde se realizou 400m crol a uma velocidade de nado constante, verificou-se que a frequência gestual não se alterava a cada parcial (Schnitzler et al. 2008), No entanto, no nosso estudo os nadadores realizaram 400 m crol ao melhor ritmo possível e com a estratégia de nado escolhida por cada nadador, implicando assim variações na frequência gestual e velocidade.

Na sequência do parágrafo anterior, a diminuição da frequência gestual no segundo e terceiro parciais coincide com a diminuição da velocidade,

mostrando uma redução da eficiência à medida que a distância de nado aumenta sem o ajuste da distância de ciclo e com o aumento da fadiga (Barbosa et al. 2010; Mezarroba et al. 2014). Os maiores valores de frequência gestual coincidem com os parciais de maior velocidade de nado, mostrando assim que a velocidade é maior quando a frequência gestual é maior, sendo que há uma tentativa por parte dos nadadores de resistir à fadiga e aumentar a velocidade nos últimos 100 m, aumentando assim a frequência gestual, com vista a melhorar o tempo final (Robertson et al. 2009; Mauger et al. 2012; Skorski et al. 2014)

Apesar das diferenças da frequência gestual entre cada parcial, não há alterações desta nos 400 m crol ao longo do macrociclo, apesar da melhoria da performance. Esta melhoria poderá ser explicada pelo aumento da distância de ciclo (Smith et al. 2002; Lätt et al. 2009), sendo este fator considerado determinante para o sucesso da performance (Smith et al. 2002, Morais et al. 2015). Como os valores de frequência gestual e de distância de ciclo são afetados pelo crescimento, refletindo-se nas variáveis antropométricas, e pela maturação (Mezarroba et al. 2014), mais uma vez se comprova a influência dos fatores antropométricos no sucesso desportivo. A manutenção da frequência gestual e o possível aumento da distância por ciclo podem sugerir uma preocupação dos treinadores pela primazia dos fatores biomecânicos com vista à progressão e excelência desportiva.

Todas as variáveis do presente estudo têm uma relação direta com a velocidade aos 400 m, corroborando os estudos anteriores que indicam que os fatores antropométricos, fisiológicos e biomecânicos influenciam o desempenho desportivo (Fernandes et al. 2002; Lätt, 2009, Silva 2014; Morais et al. 2017) evidenciando que as variáveis estudadas são boas preditoras do desempenho desportivo. Apesar dos poucos estudos sobre a glicemia, é de realçar a relação positiva com a velocidade aos 400 m em todos os momentos de avaliação, devendo ser por isso uma variável mais vezes determinada e discutida.

Também foram analisadas as variáveis mais relacionadas com o aumento da velocidade entre os momentos de avaliação, tendo sido possível observar uma



relação directa entre o lactato sanguíneo e a velocidade entre o fim do período competitivo e o fim da etapa de preparação específica. Este aumento das concentrações de lactato sanguíneo pode ser explicado devido à maior percentagem de treino anaeróbio nos dois últimos momentos de avaliação, onde o treino se centra em áreas bioenergéticas mais específicas das distâncias de competição, resultando assim numa maior utilização da glicólise como sistema fornecedor de energia aumentando o recrutamento de fibras rápidas (Maglischo, 2003).

## **Conclusão**

Conclui-se que o desempenho desportivo de nadadores cadetes e infantis melhora em 9% ao longo de um macrociclo de treino com a duração de 15 semanas, de elevado trabalho aeróbio e o progressivo aumento de trabalho anaeróbio. No entanto, parece não ser suficiente para promover alterações relevantes nas variáveis fisiológicas, biomecânicas, e na percepção de esforço avaliadas em nadadores destes escalões etários.



## **Capítulo 3 - Avaliação fisiológica e biomecânica de nadadores de 9 a 14 anos de idade ao longo de uma época desportiva.**

---

### **Introdução**

O objetivo principal do treino e do treinador é permitir que o desportista atinga o pico do seu rendimento desportivo nas competições mais importantes da época (Dick, 1989; Bompa, 1999a; Costa et al. 2013a), permitindo assim uma elevada prestação competitiva. Sabendo que isto só é possível com um planeamento e uma periodização bem estruturados da época desportiva, onde o desportista se esforça para atingir determinados objetivos pessoais. Este é dividido em unidades de treino de menor duração temporal (Bompa, 1999b; Maglischo, 2003), nomeadamente os macrociclos, mesociclos e microciclos, habitualmente delimitados pelas competições principais definidas no calendário competitivo (Bompa, 1999a; Issurin, 2010; Mano et al. 2016).

A subdivisão da época desportiva em macrociclos pode ser realizada tendo em conta três modelos tradicionais de periodização (Matveev, 1981; Castelo, 1996; Bompa, 1999b): (i) periodização simples, na qual há apenas um pico de forma desportiva na competição mais importante, havendo assim um macrociclo que perdura durante toda a época desportiva (Bompa, 1999a; Issurin, 2010); (ii) periodização dupla que divide a época em dois macrociclos, havendo apenas duas competições importantes; (iii) periodização tripla, que permite atingir três picos de rendimento desportivo (Tschiené, 1977; Issurin, 2010), coincidindo os períodos de transição com as férias escolares dos nadadores. Devido ao aumento do número de competições em cada desporto e a conexão com o calendário escolar, o modelo tripartido de periodização é o mais utilizado, sobretudo no treino de crianças e jovens (Mano et al. 2016).

No entanto, há alguns autores que afirmam que o modelo tripartido deveria ser apenas utilizado em desportistas de nível avançado (Bompa, 1999b; Banack et al. 2012). Como a periodização tripla divide a época desportiva em três

macrociclos, integra três períodos preparatórios, três períodos competitivos e três períodos de transição desiguais em termos de duração e especificidade (Bompa, 1999b). Em termos do número de semanas, o primeiro período preparatório é o mais longo, pois é neste que se constrói os alicerces biomecânicos e fisiológicos para encarar o restantes macrociclos da época desportiva (Bompa 1999b).

A melhoria do rendimento desportivo está relacionada com a qualidade do processo de treino (Bompa, 1999b), baseando-se nos princípios da progressão e especificidade das cargas. A partir do momento que são aplicadas cargas externas, há um desencadear de reações internas que potenciam as capacidades funcionais do nadador (Matveev, 1981; Bompa, 1999) levando à sua posterior assimilação. Para permitir que se elevem ao máximo as capacidades do nadador e impedir a sua estagnação é necessário um aumento gradual da carga de treino criando assim novas adaptações (Matveev, 1981; Castelo, 1996; Bompa, 1999; Domiciano, 2011). Assim, o trabalho realizado num macrociclo não deve ser idêntico ao realizado nos macrociclos e anos anteriores.

O treino não basta ser progressivo, devendo também ser específico, pois não há sucesso sem especialização desportiva (Bompa, 1999b). Como a natação é um desporto em que a especialização deve começar em idades relativamente jovens (11-13 anos nas raparigas e 13-15 anos nos rapazes; Bompa 1999b; Banack et al. 2012), esta deve acontecer já nos escalões de cadetes e infantis. A especificidade do treino deve ter em conta quer os fatores biomecânicos quer os fisiológicos (Stone et al. 2000), os primeiros porque é necessário adquirir o padrão técnico das quatro técnicas de nado, partidas e viragens, e os segundos pois os métodos de treino devem capacitar e aperfeiçoar os sistemas de energia envolvidos, permitindo assim uma adaptação específica da modalidade (Bompa, 1999a).

É certo que esta especificidade na natação está intimamente relacionada com as competições desportivas para as quais os nadadores se preparam, devendo treinar consoante as distâncias de prova e as técnicas de nado a

serem realizadas nas competições principais. Como o treino deve ser progressivamente mais específico (Bompa 1999b), a etapa de preparação geral onde o trabalho visa essencialmente desenvolver a capacidades aeróbia passa a ser cada vez menor (Bompa, 1999b; Mano et al. 2016), para haver um aumento da etapa de preparação específica onde o trabalho anaeróbio deverá ser o foco fundamental, permitindo assim um aumento de carga específica que possibilite um elevado rendimento desportivo.

As crianças não são mini-adultos e, frequentemente, o seu treino é adaptado do realizado em nadadores de escalões superiores (Rushall, 1998), não atendendo às particularidades específicas deste grupo etário (Fernandes et al. 2010b). Durante a infância e a adolescência, as crianças passam por um vasto conjunto de processos biológicos, relativos ao seu crescimento e a maturação, que afetam o rendimento desportivo (Vorontsov et al. 1999; Borges et al. 2016; Figueiredo et al. 2016). Vários estudos demonstram que o crescimento e maturação influenciam os fatores biomecânicos (nomeadamente a distância de ciclo e a frequência gestual; Mezzaroba et al. 2014; Lätt et al. 2009) e fisiológicos (tais como a aptidão para o desenvolvimento dos diferentes sistemas de energia e a capacidade de produção de força; Banack et al. 2012; Silva et al. 2014; Borges et al. 2016).

Nesse sentido, é necessário haver um maior número de informação disponível para que se possa diferenciar o treino nestas faixas etárias, tendo em conta o crescimento e desenvolvimento maturacional das crianças e jovens. Muito embora a importância da realização de estudos longitudinais tenha vindo a ser reportada ao longo dos anos (Morais et al. 2013; Moraes et al. 2014), a investigação de cariz biofísico em NPD, principalmente em crianças. Porém, é neste delineamento que se consegue perceber a estabilidade dos nadadores (Morais et al. 2013) e compreender a sua evolução ao longo de um macrociclo e/ou ciclo desportivo.

Tendo em conta que não só o planeamento, a periodização e o controlo e avaliação do ciclo desportivo são importantes para atingir um bom rendimento desportivo, mas também há necessidade de se atualizar o conhecimento

acerca da sua aplicação no treino em crianças e jovens, o objetivo do nosso estudo é verificar se há evolução cronométrica, fisiológica e biomecânica aos 400 m crol ao longo de uma época desportiva de nadadores de 9-14 anos de idade. Com base em estudos anteriormente realizados (Morais et al. 2013; Moraes et al. 2014) é possível hipotetizar que há evolução cronométrica, fisiológica e biomecânica aos 400 m crol.

## Material e métodos

### Amostra

Trinta e quatro nadadores (24 masculinos e 10 femininos) de idades compreendidas entre o 9 e os 14 anos participaram voluntariamente no presente estudo (as suas principais características encontram-se descritos na Tabela 1). A idade cronológica registou-se no início do estudo e a maturação determinou-se através de uma autoavaliação realizada pelos sujeitos, não se verificando diferenças entre sexos. Nos rapazes avaliou-se o desenvolvimento genital, nas raparigas o desenvolvimento mamário e em ambos os sexos o estadio dos pelos púbicos (Tanner, 1962). Todos os pais/encarregados de educação dos nadadores foram informados dos pressupostos e propósitos do estudo, assinando um consentimento informado antes da participação dos educandos no estudo. O estudo foi submetido à comissão de ética local.

**Tabela 1** - Média  $\pm$  DP da idade cronológica, maturação, massa corporal, altura, e frequência de treinos semanal dos nadadores em estudo.

Variáveis	Rapazes (Média $\pm$ DP)	Raparigas (Média $\pm$ DP)	Amostra total (Média $\pm$ DP)
Idade Cronológica (anos)	12.51 $\pm$ 0.99	11.24 $\pm$ 0.88	12.07 $\pm$ 1.14
Maturação (estadio tanner)	2.94 $\pm$ 1.04	3.05 $\pm$ 1.10	2.97 $\pm$ 1.05
Massa Corporal (kg)	45.90 $\pm$ 9.54	44.26 $\pm$ 8.76	45.42 $\pm$ 9.22
Altura (m)	1.56 $\pm$ 0.11	1.52 $\pm$ 0.07	1.55 $\pm$ 0.10
Frequência de treino semanal (dias)	5.83 $\pm$ 0.56	5.80 $\pm$ 0.63	5.82 $\pm$ 0.58

Os valores da altura aumentaram entre todos os momentos de avaliação (1.52  $\pm$  0.10 vs 1.55  $\pm$  0.10 vs 1.56  $\pm$  0.11 vs 1.58  $\pm$  0.10 m, correspondendo ao início

e fim do primeiro macrociclo, fim do segundo e terceiro macrociclos, respetivamente). A massa corporal acompanhou o aumento da altura, com a exceção entre o fim do segundo e do terceiro macrociclos onde não foram observadas alterações relevantes ( $44.39 \pm 9.33$  vs  $45.42 \pm 9.22$  vs  $47.15 \pm 9.03$  vs  $47.31 \pm 9.58$  kg, correspondendo ao início e fim do primeiro macrociclo e fim do segundo macrociclo e terceiro macrociclos, respetivamente).

## Metodologia

Os nadadores realizaram, em piscina de 25 m com a água aquecida a uma temperatura de 28°, um teste de 400 m crol à velocidade máxima em quatro momentos distintos da época desportiva 2016/2017: início e fim do primeiro macrociclo e final do segundo e terceiro macrociclos. Através de uma periodização tripla (Tschiene, 1977), dividiu-se a época desportiva em três macrociclos, de 15, 18 e 12 microciclos cada. O ponto alto de cada macrociclo coincidiu com as provas mais importantes da época, nomeadamente o I, II e III Torregri nos cadetes e Torneio Zonal e Campeonato Nacional nos infantis. As principais características do macrociclo estão presentes na Tabela 2, tendo sido a intensidade das cargas calculada segundo o modelo de unidades arbitrárias (adaptado de Figueiredo et al. 2008). A intensidade da carga foi de 0.84, 0.92 e 0.96 unidades arbitrárias de treino, correspondentes ao 1º, 2º e 3º macrociclo, respetivamente.

**Tabela 2** - Percentagem do treino aeróbio, anaeróbio, técnico e condicional realizado no 1º, 2º e 3º macrociclo analisados.

Variáveis	1º Macrociclo	2º Macrociclo	3º Macrociclo
Treino aeróbio	91%	89%	85%
Treino anaeróbio	9%	11%	15%
Treino técnico	28%	14%	16%
Treino condicional	72%	86%	84%

Treinadores habilitados cronometraram os tempos parciais de cada 100 m e o tempo final dos 400 m crol nos quatro momentos de avaliação. No final de cada 400 m crol, durante o período de recuperação, a frequência cardíaca foi medida aos 10 e 30 s, e aos 1 e 2 min, com recurso a um cardiofrequencímetro (Polar Electro, Kempele, Filand). Do mesmo modo, aos 3 min de recuperação foram recolhidas amostras de sangue capilar do dedo indicador para obter as concentrações de lactato sanguíneo (Lactate Pro, Arkay, Inc., Kyoto, Japan) e de glicemia pós esforço (Glucocard™Mx, A.Menarini, Paço de Arcos, Portugal). Como alimentação influencia a glicemia e as concentrações de lactato sanguíneo (Reilly et al. 1999; Alodhayani et al. 2017), foi solicitado aos nadadores e seus familiares que registassem a alimentação, de modo a minimizar as alterações dos valores daquelas variáveis nas avaliações. Os nadadores previamente familiarizados com a escala de percepção subjetiva de esforço (Borg, 1998), atribuíram um valor de 0 a 20 após terminarem os 400 m crol.

Uma câmara de vídeo (HDR-CX160E 60Hz, Sony, Tokio, Japan) colocada na lateral do cais da piscina captou 15 m de nado (excluindo os 5 m da partida e das viragens), de forma a obter a frequência gestual a cada 25 m. A frequência gestual, ou seja a média de ciclos completos de ação de membros superiores durante uma distância de 15 m, foi determinada com a ajuda da ferramenta de análise Kinovea (Kinovea 8.15, France). A distância de ciclo foi calculada através da razão entre as médias da velocidade e da frequência gestual a dividir por 60 (Psycharakis et al. 2008).

### **Análise estatística**

Os valores da frequência cardíaca, concentrações de lactato sanguíneo, glicemia e esforço percebido foram inseridos no Excel 2007 (Microsoft, Redmond, Washington, EUA) para posterior análise estatística. A média e desvio padrão foram obtidas para todas as variáveis presentes no estudo nos quatro momentos de avaliação, permitindo realizar posteriormente uma ANOVA uni-variada para observar as possíveis mudanças ocorridas ao longo da época desportiva. Quando observadas diferenças estatisticamente relevantes,



realizou-se um teste post-hoc Turkey para perceber entre que momentos é que essas diferenças foram significativas. O coeficiente de correlação de Pearson também foi utilizado para verificar quais variáveis são os melhores preditores do rendimento desportivo, assim como a associação entre elas. O nível de significância utilizado foi de 5%.

## Resultados

Os valores das variáveis cronométricas, fisiológicas e biomecânicas e a sua respetiva evolução ao longo de uma época desportiva estão representados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Média  $\pm$  DP das variáveis cronométricas, fisiológicas e biomecânicas e respetiva evolução ao longo de uma época desportiva.

Variáveis	Início da etapa de preparação geral do 1º macrociclo	Fim do período competitivo do 1º macrociclo	Fim do período competitivo do 2º macrociclo	Fim do período competitivo do 3º macrociclo
Tempo 400 m (s)	432.37 $\pm$ 71.78	396.58 $\pm$ 55.00*	381.67 $\pm$ 51.9*+	366.66 $\pm$ 47.7*+x
Velocidade 1ºs 100 m (m/s)	1.03 $\pm$ 0.17	1.10 $\pm$ 0.16	1.14 $\pm$ 0.17*	1.21 $\pm$ 0.16*+
Velocidade 2ºs 100 m (m/s)	0.92 $\pm$ 0.15 <sup>0</sup>	1.00 $\pm$ 0.14 <sup>0</sup>	1.04 $\pm$ 0.15 <sup>0</sup> *	1.09 $\pm$ 0.15 <sup>0</sup> *+
Velocidade 3ºs 100 m (m/s)	0.91 $\pm$ 0.15 <sup>0</sup>	0.99 $\pm$ 0.15 <sup>0</sup>	1.03 $\pm$ 0.15 <sup>0</sup> *	1.07 $\pm$ 0.15 <sup>0</sup> *+
Velocidade 4ºs 100 m (m/s)	0.94 $\pm$ 0.16 <sup>0-</sup>	1.03 $\pm$ 0.15 <sup>0</sup>	1.07 $\pm$ 0.15 <sup>0-</sup> *	1.10 $\pm$ 0.15 <sup>0-</sup> *
Frequência cardíaca 10 s (bpm)	183.06 $\pm$ 10.16	185.76 $\pm$ 13.17	185.59 $\pm$ 10.02	185.00 $\pm$ 14.22
Frequência cardíaca 30 s (bpm)	163.32 $\pm$ 12.91 <sup>0</sup>	168.60 $\pm$ 15.58 <sup>0</sup>	172.32 $\pm$ 13.54 <sup>0</sup> *	168.09 $\pm$ 14.36 <sup>0</sup>
Frequência cardíaca 1 min (bpm)	141.04 $\pm$ 11.92 <sup>0-</sup>	143.21 $\pm$ 13.92 <sup>0-</sup>	145.79 $\pm$ 14.79 <sup>0-</sup>	144.32 $\pm$ 13.95 <sup>0-</sup>
Frequência cardíaca 2min (bpm)	129.70 $\pm$ 13.69 <sup>0-</sup>	126.29 $\pm$ 11.66 <sup>0-</sup>	126.94 $\pm$ 11.74 <sup>0-</sup>	125.29 $\pm$ 13.35 <sup>0-</sup>
Lactato sanguíneo (mmol/l)	6.04 $\pm$ 2.33	6.32 $\pm$ 2.51	7.16 $\pm$ 2.67*	7.94 $\pm$ 2.74*+
Glicemia (mmol/l)	110.30 $\pm$ 15.88	102.29 $\pm$ 19.68	122.88 $\pm$ 18.35*+	118.03 $\pm$ 27.31+
Escala de Borg	14.91 $\pm$ 1.93	14.88 $\pm$ 2.40	15.09 $\pm$ 2.19	14.59 $\pm$ 2.44

Frequência gestual 1º s 100 m (ciclos/min)	38.59 ± 3.54	39.09 ± 4.31	39.38 ± 4.90	39.83 ± 4.18*
Frequência gestual 2º s 100 m (ciclos/min)	35.69 ± 4.03°	36.39 ± 4.67°	36.39 ± 4.52°	36.63 ± 4.36°
Frequência Gestual 3º s 100 m (ciclos/min)	35.17 ± 4.29°	36.29 ± 4.48°	36.51 ± 4.72°*	36.63 ± 4.13°*
Frequência Gestual 4º s 100 m (ciclos/min)	36.44 ± 4.52°-	37.38 ± 4.44°-	38.02 ± 4.29°-*	37.52 ± 3.83°-
Frequência Gestual 400 m (ciclos/min)	36.47 ± 3.83	37.14 ± 4.96	37.75 ± 5.19*	37.63 ± 4.87*
Distância de ciclo 1º s 100 m (m/ciclo)	1.61 ± 0.28	1.71 ± 0.21*	1.75 ± 0.24*	1.82 ± 0.22*
Distância de ciclo 2º s 100 m (m/ciclo)	1.56 ± 0.24	1.66 ± 0.21*	1.73 ± 0.24*	1.79 ± 0.23*
Distância de ciclo 3º s 100 m (m/ciclo)	1.56 ± 0.24	1.66 ± 0.21°*	1.70 ± 0.24°*	1.76 ± 0.22°*
Distância de ciclo 4º s 100 m (m/ciclo)	1.57 ± 0.23	1.67 ± 0.22*	1.70 ± 0.24*	1.77 ± 0.22°*
Distância de ciclo 400 m (m/ciclo)	1.58 ± 0.24	1.67 ± 0.20*	1.72 ± 0.24*	1.78 ± 0.22*+x

Legenda: \*, +, x significam diferente do 1º, 2º e 3º momentos e °, -, °- significam diferente do 1º, 2º e 3º parcial ou momentos de recuperação da frequência cardíaca respetivamente (p<0.05)

Comparando o tempo realizado pelos nadadores no início do primeiro macrociclo com o tempo realizado no fim do terceiro macrociclo podemos ver uma melhoria do tempo aos 400 m crol de ~ 30 s. No que se refere ao tempo realizado em cada parcial conseguimos constatar que, em todos os macrociclos, há uma diminuição da velocidade do primeiro para o quarto parcial, sendo o primeiro o mais rápido e o terceiro o parcial mais lento. Verifica-se também um aumento da velocidade de nado no último parcial dos 400 m, relativamente aos parciais imediatamente anteriores. Podemos verificar que o tempo realizado no primeiro, segundo e terceiro parciais diminuem ao longo da época desportiva, enquanto que no quarto parcial não se verifica alteração do primeiro para o segundo e do segundo para o terceiro macrociclo.

A frequência cardíaca obtida tanto aos 10 e 30 s como aos 1 e 2 min e os valores de esforço percebido não variam ao longo da época desportiva, havendo, no entanto, uma diminuição da frequência cardíaca entre os momentos de recuperação da frequência cardíaca. Houve um aumento

considerável de lactato sanguíneo no terceiro macrociclo comparativamente com os valores obtidos no final do primeiro macrociclo. Observou-se também um aumento dos valores de glicemia encontrados no fim do segundo e terceiro macrociclos quando comparados com os obtidos no final do primeiro macrociclo, (embora semelhantes no segundo e terceiro macrociclos).

A frequência gestual, não difere ao longo da época desportiva, tendo os nadadores obtido valores superiores durante os primeiros 100 m, seguido de uma diminuição e um aumento no último parcial (comparativamente com o penúltimo). Contrariamente, a distância de ciclo variou ao longo da época desportiva, sendo maior no fim do terceiro macrociclo comparativamente com o início do primeiro macrociclo. Este comportamento ao longo da época reflete o aumento da distância de ciclo em cada parcial de 100 m entre cada macrociclo, registando-se sempre uma maior distância de ciclo no primeiro parcial. No final do primeiro macrociclo, os segundos e terceiros 100 m tiveram uma distância de ciclo menor que a distância de ciclo realizada nos primeiros 100 m, não havendo aumento substancial nos últimos 100 m, enquanto que no final do segundo e terceiro macrociclo, no decorrer dos 400 m houve um decréscimo acentuado da distância de ciclo no terceiro e quartos parcial comparativamente com a distância de ciclo realizada nos primeiros 100 m.

As relações entre as concentrações de lactato sanguíneo, a glicemia, a frequência gestual, a distância de ciclo e a velocidade aos 400 m no fim de cada macrociclo, estão representadas na Tabela 4. Tal como podemos constatar pelos resultados evidenciados na tabela 4, todas as variáveis influenciaram positivamente a velocidade aos 400m, denotando-se uma diminuição da correlação do lactato sanguíneo com a velocidade contrastada com o aumento da correlação da distância de ciclo com a velocidade ao longo da época desportiva.

**Tabela 4** - Valores de correlação entre a velocidade aos 400 m e o lactato e glicemia sanguíneos, a frequência gestual e a distância de ciclo, no final de cada macrociclo.

Variáveis	Velocidade início do 1º macrociclo	Velocidade fim do 1º macrociclo	Velocidade fim do 2º macrociclo	Velocidade fim do 3º macrociclo
Lactato sanguíneo (mmol/l)	0.50*	0.72*	0.62*	0.54*
Glicemia (mmol/l)	0.41*	0.55*	0.54*	0.50*
Frequência gestual (ciclos/min)	0.42*	0.63*	0.46*	0.52*
Distância de ciclo (m/ciclo)	0.77*	0.59*	0.63*	0.67*

\*p<0.05

Na tabela 5 estão presentes as correlações entre as variáveis fisiológicas e biomecânicas estudadas e a diferença de velocidade entre os macrociclos. Observando a tabela 5 podemos constatar que nenhuma das variáveis influencia a diferença de velocidade de um macrociclo para outro com a exceção da distância de ciclo pois esta tem uma relação direta com a diferença de velocidade entre o fim do primeiro e o fim do terceiro macrociclo.

**Tabela 5** - Valores de correlação entre o lactato e glicemia sanguíneos a frequência gestual e a distância de ciclo com a diferença de velocidade entre os macrociclos analisados.

Variáveis	Velocidade $\Delta$ T5-T4	Velocidade $\Delta$ T6-T5	Velocidade $\Delta$ T6-T4	Velocidade $\Delta$ T1-T6
Lactato sanguíneo (mmol/l)	0.04	0.18	0.26	0.33
Glicemia (mmol/l)	0.21	0.14	0.12	0.23
Frequência gestual (ciclos/min)	0.19	0.21	-0.04	0.15
Distância de ciclo (m/ciclo)	0.25	0.29	0.47*	0.57*

Legenda: T4: fim do 1º macrociclo; T5: fim do 2º macrociclo; T6: fim do 3º macrociclo, (p<0.05)

## Discussão

A realização de estudos de cariz longitudinal em nadadores pré-adolescentes e adolescentes é de extrema importância para a NPD, pois permite avaliar o desenvolvimento do rendimento desportivo do nadador ao longo de uma época desportiva e fornecer informações acerca dos fatores influenciadores do rendimento nas diferentes faixas etárias, assim como o seu grau de

importância ao longo da carreira do nadador (Morais et al. 2014). Apesar dessa importância, são escassos os estudos que avaliem longitudinalmente a evolução de nadadores cadetes e infantis, havendo, no entanto, a existência de estudos transversais que nos permitem contrastar os resultados obtidos pela literatura já existente. O presente estudo é inovador por comparar uma época desportiva em quatro momentos, assim como em relacionar vários parâmetros determinantes do rendimento de nadadores crianças e jovens.

Verificou-se que o tempo realizado aos 400 m crol no final do terceiro macrociclo é inferior ao tempo realizado por nadadores de pré-pubertários (Jurimãe et al. 2007; Silva et al. 2007). No entanto, os nossos nadadores encontram-se num estadio de maturação mais avançado, registando assim um tempo superior ao tempo realizado por nadadores pubertários ( $353.6 \pm 42.2$ s; Jurimãe et al. 2007). Esta diferença no rendimento poderá ser justificada pela nossa amostra ser constituída por nadadores pré-pubertários e pubertários, e pelo facto dos tempos realizados em todos os momentos de avaliação serem superiores aos realizados em contexto de prova (cf. Schnitzler et al. 2008). É possível observar que durante os primeiros 100 m que os nadadores registam uma maior velocidade, seguida de uma diminuição nos dois parciais seguintes e de um aumento no último parcial, o que está de acordo com o observado por Robertson et al. (2009), Mauger et al. (2012) e Freitas et al. (2017).

Os valores de frequência cardíaca máxima após os 400 m crol foram semelhantes aos encontrados em nadadores adolescentes (Zacca et al. 2016). Como os 400 m crol foram realizados em contexto de treino, o empenho dificilmente igualará o de competição, embora, analisando os valores elevados de frequência cardíaca ( $185.00 \pm 14.22$ ), seja possível comprovar a existência de um comprometimento, empenho e interesse dos nadadores perante a realização dos testes. Não foram encontrados na literatura estudos que avaliassem a glicemia e o esforço percebido em crianças após um esforço máximo de 400 m crol, sendo o presente trabalho pioneiro nesse âmbito. Os valores de esforço percebido são menores que os de adolescentes ( $18 \pm 2$ ;

Zacca et al. 2016), o que pode ser resultado do facto de terem uma menor concentração de lactato sanguíneo (Eriksson & Saltin, 1974).

Em todos os momentos de avaliação os valores da concentração de lactato sanguíneo foram superiores aos observados noutros estudos nestas faixas etárias (Jurimäe et al. 2007; Lätt et al. 2009), embora menores quando comparando com a literatura existente em nadadores mais velhos (valores superiores a 8 mmol/l; Schnitzler et al. 2008; Zacca et al. 2016). As diferenças nas concentrações de lactato sanguíneo podem ser explicadas por uma menor quantidade de enzimas glicolíticas em escalões etários mais jovens (Denadai et al. 2000) e/ou pelas crianças recuperarem mais rapidamente após o esforço (Zanconato et al. 1991).

As variáveis biomecânicas são relevantes para o rendimento desportivo, principalmente em idades mais jovens (Smith et al. 2002; Lätt et al. 2009; Lätt et al. 2010). Os presentes resultados apresentam valores superiores de frequência gestual que os observados em adolescentes (Toubekis, et al. 2013; Freitas, et al. 2017) e adultos (Kjendlie et al. 2004). Como os nadadores avaliados são de uma faixa etária bastante alargada, estão em diferentes estadios maturacionais e, sendo as variáveis biomecânicas influenciadas pela maturação (Lätt et al 2009; Mezzaroba et al. 2014; Morais et al. 2015), este pode ser um dos argumentos que explique as diferenças observadas na frequência gestual.

Os nadadores avaliados revelaram valores menores de distância de ciclo durante toda extensão dos 400 m crol que nadadores adolescentes (Freitas et al. 2017, Mezarroba et al. 2014) e adultos (Schnitzler et al. 2008), mas distâncias de ciclo maiores do que crianças de 10-11 anos (Mezarroba et al. 2014). Esta menor distância de ciclo das crianças relativamente a nadadores adolescentes e adultos, vem suportar os fundamentos anteriormente encontrados de que a envergadura dos nadadores (Fernandes et al. 2002) a falta de experiência competitiva (Mezarroba et al. 2014) e a falha dos padrões técnicos (Kjendlie et al. 2004) contribui para menores valores de distância de ciclo prejudiciais ao sucesso desportivo. Estes factos justificam a necessidade

de que nestas idades o treino dever-se-á focar na eficiência biomecânica (Troup, 1992; Lätt et al. 2010; Nasirzade et al. 2015).

Ainda na sequência do parágrafo anterior, a frequência gestual e a distância de ciclo comportam-se de forma semelhante ao longo dos 400 m crol, havendo uma diminuição progressiva como observado por Laffite et al. (2004) em nadadores séniores, seguida de uma manutenção ou um ligeiro aumento no últimos 100 m. A diminuição da distância de ciclo ao longo de 400 m crol é semelhante em todas as faixas etárias (Costa et al. 1999; Schnitzler et al. 2008; Freitas et al. 2017).

Relativamente à evolução fisiológica ao longo da época desportiva, podemos reparar que os valores de frequência cardíaca máxima não se alteraram ao longo da época desportiva, mas que houve um aumento do lactato sanguíneo do fim do período competitivo do terceiro macrociclo quando comparado com o início da etapa de preparação geral do primeiro macrociclo. O aumento das concentrações lactato sanguíneo pode ser resultado de um aumento da maior percentagem de treino anaeróbio (Costa et al. 2013b) consequência de uma maior especificidade do treino, podendo ser também resultado de um maior comprometimento dos nadadores em melhorar o tempo isto porque as concentrações de lactato sanguíneo são influenciadas pela motivação dos atletas (Costa et al. 2013b). Apesar do aumento das concentrações de lactato sanguíneo, os valores médios de esforço percebido não se alteraram ao longo da época desportiva. O aumento da especificidade do treino e o trabalho em intensidades que permitem a remoção mais eficaz e rápida de lactato sanguíneo podem estar na origem destes valores de esforço percebido.

Apesar dos elevados valores de glicemia no início da etapa de preparação geral do primeiro macrociclo, esta variável teve uma evolução positiva ao longo da época desportiva, registando-se os maiores valores no fim do segundo macrociclo. Ainda assim apesar dos valores picos de glicemia não coincidirem com os valores picos de lactato sanguíneo, revelou-se um aumento da glicemia coincidente com o aumento de lactato sanguíneo, comportamento já observado por outros autores (Sengoku et al. 2010). Um estudo longitudinal que avaliou a

quantidade de lactato e glicose sanguínea demonstrou que em 10 semanas de treino apesar do lactato sanguíneo aumentar a glicose no sangue não se alterou (Sengoku et al. 2011). Como os nossos resultados mostram um aumento dos valores de glicemia, supõe-se que seja necessário mais do que 10 semanas de treino para prover alterações na glicose sanguínea.

As variáveis biomecânicas também sofreram alterações ao longo da época desportiva, verificando-se que a frequência gestual se manteve constante, enquanto a distância de ciclo aumentou (Freitas et al. 2017). Este aumento da distância de ciclo pode ser resultado do trabalho técnico realizado em prol do desenvolvimento desta variável. As correlações das variáveis que fisiológicas e biomecânicas mostram que todas as variáveis analisadas têm uma relação direta com rendimento aos 400 m, que varia a sua importância ao longo da época desportiva (Morais et al. 2017). Além disso é possível observar que os nadadores que melhoraram o seu rendimento do início da etapa de preparação geral do primeiro macrociclo para o fim do terceiro macrociclo também melhoraram a sua distância de ciclo, o que mostra a relevância desta variável biomecânica no desempenho desportivo de nadadores destas faixas etárias (Lätt et al. 2010)

Tendo em conta que o tempo dos 400 m crol diminuiu desde o início da etapa de preparação geral do primeiro macrociclo para o fim do período competitivo do terceiro macrociclo, o aumento das concentrações de lactato sanguíneo e da glicemia nas variáveis fisiológicas e o aumento da distância de ciclo nas variáveis biomecânicas parecem estar na origem da evolução positiva do rendimento desportivo. Verificada a importância da glicemia neste estudo para o desempenho desportivo da prova de 400 m crol, consideramos benéfico que haja uma maior investigação acerca da influência desta variável no rendimento desportivo, especialmente na NPD.



## **Conclusão**

Uma época desportiva de 45 semanas agrupadas em três macrociclos, parecem ser suficientes para promover uma diminuição do tempo de prova de aproximadamente 30 s aos 400 m crol em nadadores cadetes e infantis, resultado do aumento do lactato e glicemia sanguíneos no que diz respeito às variáveis fisiológicas e da distância de ciclo nas variáveis biomecânicas. Estes resultados indicam que o treino anaeróbio e o treino técnico, nomeadamente da distância de ciclo, nestas idades é fundamental para se adquirir um bom rendimento desportivo.



## Capítulo 4 - Discussão Geral

---

A influência dos fatores biomecânicos e fisiológicos no sucesso do rendimento desportivo está bem documentada na literatura (Alves, 1993; Sousa, 2009; Silva et al. 2014), sendo estes frequentemente alvo de interesse por parte dos investigadores em NPD (Dekerle et al. 2002; Pelarigo, et al. 2007; Fernandes et al. 2008). Alguns investigadores consideram que a idade ótima para a aprendizagem das técnicas se situe entre os 7 e os 12 anos de idade (Rushall, 1998; Silva, 2011), estando as crianças envolvidas no treino em idades relativamente precoces (Lätt et al. 2009). Sendo assim, apesar de extrema importância, a investigação da interferência dos fatores biomecânicos e fisiológicos em crianças e jovens, é escassa.

A escassez de investigação aplicada ao treino de crianças e jovens possui efeitos nefastos para o treino, pois este muitas vezes é baseado no que é realizado em nadadores adultos, não considerando as características peculiares desta fase da vida, e o comportamento das variáveis biomecânicas e fisiológicas nestas faixas etárias. Tendo em conta a necessidade e a importância de investigação nestas faixas etárias, nesta dissertação procurou-se caracterizar e explicar a evolução cronométrica de nadadores cadetes e infantis ao longo de uma época desportiva, baseada em variáveis fisiológicas e biomecânicas, tendo em conta as suas características peculiares de crescimento e maturação.

Das distâncias de competição realizadas na NPD, os 400 m são a distância mais comumente nadada por nadadores cadetes e infantis, representando um esforço típico de domínio de intensidade severo, favorecendo a estimulação da potência aeróbia (Fernandes et al. 2008; Fernandes, 2013; Zacca e al. 2017). Sendo assim, esta distância pareceu-nos a mais importante a estudar, fornecendo-nos informação acerca de como os nadadores destas idades se comportam a nível cronométrico, fisiológico e biomecânico, e de que forma é que o planeamento e periodização do treino influenciam o comportamento destas variáveis.

No capítulo 2, começamos por perceber o progresso e o comportamento das variáveis fisiológicas e biomecânicas de nadadores entre os 9-14 anos de idade num esforço máximo de 400 m crol ao longo de um macrociclo de treino de 15 semanas. Em 43 nadadores verificou-se uma melhoria do rendimento desportivo ao longo de um macrociclo. Apesar desta melhoria do rendimento, as variáveis fisiológicas avaliadas, com a exceção glicemia, e a variável biomecânica, não se alteraram ao longo de um variáveis têm uma relação direta com a velocidade aos 400m.

Como não houve evolução das variáveis, a melhoria do tempo aos 400m parece dever-se ao aumento da distância de ciclo, corroborando a importância, já verificada, desta variável no sucesso desportivo de crianças e jovens (Freitas et al. 2017; Kjendlie et al. 2004). Além desta interpretação, o aumento da altura corporal também pode estar na origem da melhoria da prestação desportiva, visto já ter sido evidenciado que o sucesso dos nadadores em idades jovens está associada a fatores antropométricos (Fernandes et al. 2002; Figueiredo et al. 2016).

Alguns dos poucos estudos longitudinais realizados em nadadores destas faixas etárias mostraram resultados semelhantes aos observados nesta dissertação. Freitas et al. 2017 analisou a evolução cronométrica e biomecânica em 10 nadadores de  $14.2 \pm 0.9$  anos de idade ao longo de um macrociclo, concluindo que 16 semanas de treino provocaram uma melhoria da distância de ciclo e índice de braçada, (sem alteração da frequência gestual). Também Marinho et al. (2016) analisando 13 nadadores infantis, observou que 24 semanas de treino são suficientes para influenciar o rendimento em distâncias curtas. Não foram encontrados estudos longitudinais ao longo de um macrociclo de treino que avaliem os fatores fisiológicos em crianças nadadoras.

No capítulo 3, quisemos perceber se uma época desportiva proporcionava alterações no tempo aos 400m crol e nas variáveis fisiológicas e biomecânicas em nadadores cadetes e infantis. Numa amostra de 34 nadadores verificou-se que os nadadores melhoraram o seu rendimento aos 400 m crol. Esta melhoria do rendimento desportivo pode ser explicada através do aumento dos valores

de lactato e glicemia sanguínea, consequência do aumento do treino anaeróbio e da distância de ciclo consequência do maior treino técnico realizado. Para além disto também foi possível averiguar que a distância de ciclo é a única variável com uma relação direta com a mudança de velocidade entre o início do primeiro macrociclo e o fim do terceiro macrociclo. Isto vem corroborar que apesar da importância dos fatores fisiológicos, a importância dos fatores biomecânicos, nomeadamente da distância de ciclo, é muito mais determinante nestas faixas etárias (Fernandes et al. 2010; Lätt et al. 2010; Marinho et al. 2016).

Os resultados obtidos nestes dois capítulos sugerem a importância dos treinadores realizarem um bom treino de base de capacidade e potência aeróbia, sem descurar o treino anaeróbio, focando-se na aprendizagem dos padrões técnicos corretos, com métodos de treino que permitem o aumento da distância de ciclo, aumentando assim a eficiência propulsiva (Troup, 1982). Para além disso foi possível observar que nestas idades um bom planeamento e periodização do treino, onde se verifica um bom trabalho aeróbio com consequente diminuição e aumento gradual da intensidade sempre aliado ao trabalho técnico permitiu aos nadadores cadetes e infantis melhorar o seu rendimento.

Tradicionalmente, o treino de NPD em crianças e jovens em Portugal, caracteriza-se por uma falta de especificidade das áreas bioenergéticas de treino, resultando num processo de treino marcadamente aeróbio (Silva et al. 2009). A nossa investigação vem sugerir que seria útil e necessário uma mudança deste panorama a nível nacional, havendo uma maior especificidade das áreas bioenergéticas, pois um aumento do treino anaeróbio resultou num aumento significativo do rendimento desportivo aos 400m crol. Isto transmite aos treinadores o cuidado de aumentarem a percentagem de treino anaeróbio no planeamento da época desportiva.

Esta modificação de comportamentos e teorias enraizadas nos treinadores nacionais, só é possível se houver uma maior realização de uma avaliação e controlo de treino por parte dos treinadores. A avaliação e controlo de treino é

uma ferramenta indissociável do processo de treino, que fornece informações acerca da resposta dos determinantes do rendimento em NPD, particularmente fisiológicos e biomecânicos, dos nadadores ao processo de treino, que de outra forma os treinadores não teriam acesso (Fernandes et al. 2014b). A utilização de testes mais passíveis de serem realizados como o T400m e a utilização de variáveis como a frequência cardíaca a escala de Borg (Wallace et al. 2008), a frequência gestual e a distância de ciclo, permitem ao treinador controlar o processo de treino sem custos e sem material especializado, obtendo assim informações mais rápidas mas válidas do processo de treino.

## Capítulo 5 - Conclusões

---

Os resultados obtidos nesta dissertação contribuíram para o aumento e aperfeiçoamento do conhecimento do treino e investigação aplicada à NPD em crianças e jovens, particularmente relativo à evolução cronométrica, fisiológica e biomecânica dos 400 m crol ao longo do primeiro macrociclo da época desportiva e quando comparados o início e final do primeiro macrociclo com o segundo e terceiro macrociclo. Com base nos dados obtidos e na respetiva discussão da literatura da especialidade é possível concluir-se que:

- (i) Nadadores cadetes e infantis melhoraram o seu rendimento desportivo aos 400 m crol ao longo das diferentes etapas e períodos de um macrociclo assim como durante uma época desportiva de treino.
- (ii) Um macrociclo marcadamente aeróbio de 15 semanas não provoca alterações na frequência cardíaca, lactato sanguíneo, esforço percebido e frequência gestual aos 400 m crol em nadadores cadetes e infantis.
- (iii) A frequência cardíaca, o lactato sanguíneo, a glicemia, a escala de borg, a frequência gestual e a distância de ciclo influenciam o rendimento desportivo aos 400 m crol.
- (iv) O aumento do lactato sanguíneo, da glicemia e da distância de ciclo relacionam-se diretamente com a velocidade aos 400 m.
- (v) As crianças têm menores valores de lactato sanguíneo, frequência gestual e distância de ciclo e indicam menores valores de esforço percebido aos 400 m crol que os adultos.
- (vi) A maior velocidade é registada no primeiro e no último parcial parcial de 100 m dos 400 m crol, coincidente com os maiores valores de frequência gestual e distância de ciclo.

(vii) A distância de ciclo e a frequência gestual diminuem gradualmente ao longo dos 400 m crol, seguido de um aumento ou estabilização no último parcial de 100 m crol.

(viii) O aumento do percentual de treino técnico e de treino de características anaeróbias provoca uma diminuição do tempo aos 400 m.

(ix) Nestas faixas etárias é necessário incidir no trabalho técnico para que adquiram um bom padrão técnico permitindo assim aumentar a eficiência propulsiva.



## Capítulo 6 - Referências Bibliográficas

---

### Capítulo 1:

Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 262-269.

Borg, G. (1998) Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics, Illinois.

de Jesus, K., de Jesus, K., Figueiredo, P. A., Gonçalves, P., & Paulo, J. (2012). Effects of Fatigue on Kinematical Parameters During Submaximal and Maximal. *Journal of Applied Biomechanics 2012 Human Kinetics, Inc*, 2.

de Jesus, K., de Jesus, K., Abraldes, J. A., Medeiros, A. I. A., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2016). Are the new starting block facilities beneficial for backstroke start performance?. *Journal of sports sciences*, 34(9), 871-877.

Denadai, B. S., Greco, C. C., & Teixeira, M. (2000). Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10–12 years of different standards. *Journal of Sports Sciences*, 18(10), 779-784.

Fernandes, R., Aleixo, I., Soares, S., & Vilas-Boas, J. P. (2008). Anaerobic critical velocity: a new tool for young swimmers training advice. *Physical activity and children: new research*, 211-223.

Fernandes, R.; Oliveira, E.; Colaço, P. (2013). Bioenergetical assessment and training control as a useful tools to improve performance in cyclic sports (chapter 5). In: Brenda D. Carmichael and Alan B. Mitchell (eds.), *Sports Medicine and Training Tools*, pp. 61-88. Nova Science Publishers, Inc. New York.

Fernandes, R., Figueiredo, P., Vilar, S., Sousa, A., Gonçalves, P & Vilas-Boas, P. J. (2010a). *Avaliação da atividade elétrica muscular em natação*. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.

Fernandes, R. J., Sousa, A., Ribeiro, J., de Jesus, K., Pelarigo, J., Zacca, R., Soares, S., Machado, L., Figueiredo, P & Vilas-Boas, J. P (2014a) VO<sub>2</sub> kinetics from low to extreme swimming intensities. *Swimming Science Seminar II*, pp:3-9.

Figueiredo, P., Toussaint, H. M., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013a). Relation between efficiency and energy cost with coordination in aquatic locomotion. *European journal of applied physiology*, 113(3), 651-659.

Figueiredo, P., Pendergast, D. R., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013b). Interplay of biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim. *BioMed research international*, 2013.

Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., & Jürimäe, T. (2009). Longitudinal development of physical and performance parameters during biological maturation of young male swimmers. *Perceptual and motor Skills*, 108(1), 297-307.

Junior, A. B. S., & Lins, T. A. (2011). Utilidades do teste de 30 minutos na natação competitiva. *Revista Digital–Buenos Aires*, 16, 155.

Maglischo, E.W. (2003). *Swimming Fastest*. USA: Human Kinetics.

Mano, V., Mano, A., Crespo, J. & Fernandes, R. (2016). *Conceptualização e operacionalização do treino de nadadores juvenis no CDE*. In P. Morouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (eds), *Natação e atividades Aquáticas- Pedagogia, Treino e Investigação* (pp.115-124). Portugal: Escola Superior de Educação e Ciências Sociais - Instituto Politécnico de Leiria.

Marinho, D. M., Barros, P. J., Gil, M. H., Sousa, A. B., & Neiva, H. P. (2016). *A evolução na velocidade de nado durante 24 semanas de treino em jovens nadadores pré pubertários*. In P. Morouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (eds),

Natação e atividades Aquáticas- Pedagogia, Treino e Investigação (pp.115-124). Portugal: Escola Superior de Educação e Ciências Sociais - Instituto Politécnico de Leiria.

Matveev, L. P. (1981). *Fundamentals of Sports Training*. Progress Publishers.

Mezzaroba, P. V., & Machado, F. A. (2014). Effect of age, anthropometry, and distance in stroke parameters of young swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 702-706.

Morais, J. E., Saavedra, J. M., Costa, M. J., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 15(3).

Mujika, I., Chatard, J. C., Busso, T., Geyssant, A., Barale, F., & Lacoste, L. (1995). Effects of training on performance in competitive swimming. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20(4), 395-406.

Peyrebrune, M. C, Hardy, C.A. (1992). Heart rate and lactate responses to swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming. Swimming Science VI*, pp. 235-242.

Rama, L. (2009). *Variação de parâmetros fisiológicos, bioquímicos, hormonais e imunitários em nadadores e remadores numa época desportiva*. Coimbra. Dissertação de doutoramento em Ciências do Desporto e Educação Física - especialidade de Ciências do Desporto, na Faculdade de Ciências de Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Seixas, A., Gonjo, T., Vardasca, R., Gabriel, J., Fernandes, R., & Vilas-Boas, J. P. (2014). A preliminary study on the relationship between energy expenditure and skin temperature in swimming. *Bordeaux, France*, 90-97.

Silva, F. A. (2011). *Technical characterization of front crawl and backstroke swimmers of 11-13 years of age*. Porto. Dissertação apresentada às provas de

2º Ciclo de Estudos em Desporto para Crianças e Jovens da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Silva, F. A., Seifert, L., Sousa, M., Willig, R., Alves, F., Vilas-boas, J., Fernandes, R. & Figueiredo, P. (2014). A multi-analysis of performance in 13- to 15-year-old swimmers: A pilot study. *XIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 242-248.

Sousa, M. (2009). *Determinação do limiar anaeróbio individual em nadadores cadetes*. Porto. Monografia realizada no âmbito da disciplina de seminário do 5º ano da Licenciatura em Desporto e Educação Física, na área de Desporto de Rendimento da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Smith, D. J., Norris, S. R., & Hogg, J. M. (2002). Performance evaluation of swimmers. *Sports Medicine*, 32(9), 539-554.

Taylor, S. R., MacLaren, D. P. M. (1999). The relationship between blood lactate concentration and rate of perceived exertion in competitive swimmers. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, pp. 359-362.

Verkhoshansky, Y. (2007). Supermethods of special physical preparation for high class athlete.

Vilas-Boas, J. (1998). *Concepção planeamento e operacionalização do treino num macro-ciclo*. XXI Congresso técnico-científico da APTN, pp.1-18.

Zacca, R., & de Souza Castro, F. A. (2012). Bioenergetics Applied to Swimming: An Ecological Method to Monitor and Prescribe Training. In *Bioenergetics*. InTech.

## **Capítulo 2:**

Alodhayani, A. A., Bajaber, A. S., & Al-Hussan, R. S. (2017). Effect of low glycemic index and food exchange system diets on metabolic syndrome components in Saudi medical students. *Biomedical Research*, 28(4).

Arroyo-Toledo, J. J., Clemente, V. J., Gonzalez-Rave, J. M., Ramos Campo, D. J., & Sortwell, A. (2013). Comparison between traditional and reverse periodization: swimming performance and specific strength values.

Barzdukas, A., Spry, S., Cappaert, J. M. & Troup, J. P.(1992). Growth- and development characteristics of elite female age group swimmers. *Biomechanics and Medicine in Swimming. Swimming Science VI*, pp. 353-358.

Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 262-269.

Baxter-Jones, A. D., Eisenmann, J. C., & Sherar, L. B. (2005). Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatric Exercise Science*, 17(1), 18-30.

Blomqvist, C. G., & Saltin, B. (1983). Cardiovascular adaptations to physical training. *Annual Review of Physiology*, 45(1), 169-189.

Borg, G. (1998) Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics, Illinois.

Borges, P. R., Figueiredo, A., Silva C. J. M. & Rama, L. (2016). *Maturação, tamanho corporal, variáveis funcionais e desempenho em jovens nadadores pré-pubertários*. In P. Morouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (eds), *Natação e atividades Aquáticas- Pedagogia, Treino e Investigação* (pp.115-124). Portugal: Escola Superior de Educação e Ciências Sociais - Instituto Politécnico de Leiria.

Clemente-Suárez, V. J., Dalamitros, A., Ribeiro, J., Sousa, A., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2017). The effects of two different swimming training periodization on physiological parameters at various exercise intensities. *European journal of sport science*, 17(4), 425-432.

Costa, M. J., Bragada, J. A., Marinho, D. A., Lopes, V. P., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2013a). Longitudinal study in male swimmers: a hierarchical modeling of energetics and biomechanical contributions for performance. *Journal of sports science & medicine*, 12(4), 614.

Denadai, B. S., Greco, C. C., & Teixeira, M. (2000). Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10–12 years of different standards. *Journal of Sports Sciences*, 18(10), 779-784.

Domiciano, A. M., Serra de Araújo, A. P., & Ramos machado, V. H. (2011). Aspectos gerais do treinamento desportivo. *UNINGÁ Review*, 5(1).

Eriksson, B. O., & Saltin, B. (1974). Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. *Acta Paediatrica Belgica*, 28, 257\_265.

Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2010). Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *British journal of sports medicine*, 44(1), 56-63.

Fernandes, R., Barbosa, T. M., & Vilas-Boas, J. P. (2002). Fatores cineantropométricos determinantes em natação pura desportiva.

Fernandes, R. J., Sousa, M., Pinheiro, A., Vilar, S., Colaço, P., & Vilas-Boas, J. P. (2010b). Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10–11 years. *European Journal of Sport Science*, 10(5), 311-317.

Fernandes, R., Vilas-Boas, J. P.; Baldari, C. (2014b). Economia de Nado: Parâmetro Determinante na Avaliação e no Controlo do Treino. In Soares, Y. (eds), *Treinamento Esportivo - Aspectos Multifatoriais do Rendimento* (pp. 51-70). Medbook - Editora Científica Ltda.

Figueiredo, P., Arturo, J., e Fernandes, R. (2008). Operativizacián de un macrociclo de entrenamiento en un club com escasos recursos. *Entrenamiento*, 2,19-27.

Figueiredo, P., Silva, A., Sampaio, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2016). Front crawl sprint performance: A cluster analysis of biomechanics, energetics, coordinative, and anthropometric determinants in young swimmers. *Motor control*, 20(3), 209-221.

Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports medicine*, 40(3), 189-206.

Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., & Jürimäe, T. (2009). Longitudinal development of physical and performance parameters during biological maturation of young male swimmers. *Perceptual and motor Skills*, 108(1), 297-307.

Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., & Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of sports science & medicine*, 9(3), 398.

Maglischo, E.W. (2003). *Swimming Fastest*. USA: Human Kinetics.

Mano, V., Mano, A., Crespo, J. & Fernandes, R. (2016). *Conceptualização e operacionalização do treino de nadadores juvenis no CDE*. In P. Morouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (eds), *Natação e atividades Aquáticas- Pedagogia, Treino e Investigação* (pp.115-124). Portugal: Escola Superior de Educação e Ciências Sociais - Instituto Politécnico de Leiria.

Mascarenhas, L. P. G., Neto, A. S., Bozza, R., Cézar, C. J., & de Campos, W. (2008). Comportamento do consumo máximo de oxigênio e da composição corporal durante o processo maturacional em adolescentes do sexo masculino participantes de treinamento de futebol. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 14(2), 49-56.

Marinho, D. M., Barros, P. J., Gil, M. H., Sousa, A. B., & Neiva, H. P. (2016). *A evolução na velocidade de nado durante 24 semanas de treino em jovens*

*nadadores pré pubertários*. In P. Morouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (eds), *Natação e atividades Aquáticas- Pedagogia, Treino e Investigação* (pp.115-124). Portugal: Escola Superior de Educação e Ciências Sociais - Instituto Politécnico de Leiria.

Matveev, L. P. (1981). *Fundamentals of Sports Training*. Progress Publishers.

Mauger, A. R., Neuloh, J., & Castle, P. C. (2012). Analysis of pacing strategy selection in elite 400-m freestyle swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(11), 2205-2212.

Mezzaroba, P. V., & Machado, F. A. (2014). Effect of age, anthropometry, and distance in stroke parameters of young swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 702-706.

Morais, J. E., Saavedra, J. M., Costa, M. J., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 15(3).

Morais, J. E., Marques, M. C., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2014). Longitudinal modeling in sports: Young swimmers' performance and biomechanics profile. *Human movement science*, 37, 111-122.

Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., Seifert, L., & Barbosa, T. M. (2015). Cluster stability as a new method to assess changes in performance and its determinant factors over a season in young swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 10(2), 261-268.

Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., Lopes, V. P., & Barbosa, T. M. (2017). Determinant factors of long-term performance development in young swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 12(2), 198-205.

Mujika, I. (2009). *Tapering and Peaking for Optimal Performance*, Human Kinetics.



Navarro, F., Feal, R. A. (2001). Planificación y control del entrenamiento de natación, Gymnos.

Ogawa, T., Spina, R. J., Martin, W. 3., Kohrt, W. M., Schechtman, K. B., Holloszy, J. O., & Ehsani, A. A. (1992). Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*, 86(2), 494-503.

Pyne, D. B., Mujika, I., & Reilly, T. (2009). Peaking for optimal performance: Research limitations and future directions. *Journal of sports sciences*, 27(3), 195-202.

Ravé, G. J., Valdivielso, N. F., & Gaspar, P. P. (2007). La planificación del entrenamiento deportivo: cambios vinculados a las nuevas formas de entender las estructuras deportivas contemporáneas. *Conexões*, 5(1).

Reilly, T., & Woodbridge, V. (1999). Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate-swimming velocity curves. *International journal of sports medicine*, 20(02), 93-97.

Ribeiro, J. (2010). *Avaliação do efeito da profundidade no arrasto hidrodinâmico durante o deslize subaquático - Dinâmica Computacional de Fluidos*. Porto. Dissertação apresentada com vista à obtenção do 2º ciclo em Treino de Alto Rendimento Desportivo - Natação, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Riewald, S., & Rodeo, S. (Eds.). (2015). *Science of swimming faster*. Human Kinetics.

Robertson, E. Y., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., & Anson, J. M. (2009). Analysis of lap times in international swimming competitions. *Journal of sports sciences*, 27(4), 387-395.

Schnitzler, C., Seifert, L., & Chollet, D. (2008). Variability of coordination parameters at 400-m front crawl swimming pace. *Journal of sports science & medicine*, 8(2), 203.

Sengoku, Y., Nakamura, K., Takeda, T., Nabekura, Y., & Tsubakimoto, S. (2011). Glucose response after a ten-week training in swimming. *International journal of sports medicine*, 32(11), 835-838.

Siervogel, R. M., Demerath, E. W., Schubert, C., Remsberg, K. E., Chumlea, W. C., Sun, S., ... & Towne, B. (2003). Puberty and body composition. *Hormone Research in Paediatrics*, 60(Suppl. 1), 36-45.

Silva, A., Silva, F., Reis, A., Reis, V., Marinho, D., Carneiro, A., & Aida, F. (2007). Análise das componentes da prova como ponto de partida para a definição de objectivos na natação na categoria de cadetes. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 7(2), 189-201.

Silva, F. A., Seifert, L., Sousa, M., Willig, R., Alves, F., Vilas-boas, J., Fernandes, R. & Figueiredo, P. (2014). A multi-analysis of performance in 13- to 15-year-old swimmers: A pilot study. *XIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 242-248.

Skorski, S., Faude, O., Abbiss, C. R., Caviezel, S., Wengert, N., & Meyer, T. (2014). Influence of pacing manipulation on performance of juniors in simulated 400-m swim competition. *International journal of sports physiology and performance*, 9(5), 817-824.

Smith, D. J., Norris, S. R., & Hogg, J. M. (2002). Performance evaluation of swimmers. *Sports Medicine*, 32(9), 539-554.

Sousa, M. (2009). *Determinação do limiar anaeróbio individual em nadadores cadetes*. Porto. Monografia realizada no âmbito da disciplina de seminário do 5º ano da Licenciatura em Desporto e Educação Física, na área de Desporto de Rendimento da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Tanner, J., Whitehouse, R. & Healy, M. (1962). *A new system for estimating skeletal maturity for the hand and wrist, with standards derived from a study of 2.600 healthy british children*. Paris: Centre International de l'enfance.

Taylor, S. R., MacLaren, D. P. M. (1999). The relationship between blood lactate concentration and rate of perceived exertion in competitive swimmers. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, pp. 359-362.

Thanopoulos, V., Rozi, G., Lampadari, V. (2014). Lactate parameters and 100 m freestyle results in male and female youth swimmers. *XIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 502-506.

Verkhoshansky, Y. (2007). Supermethods of special physical preparation for high class athlete.

Winder, W. W., Hickson, R. C., Hagberg, J. M., Ehsani, A. A., & McLane, J. A. (1979). Training-induced changes in hormonal and metabolic responses to submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 46(4), 766-771.

Zacca, R., Fernandes, R. J. P., Pyne, D. B., & Castro, F. A. D. S. (2016). Swimming training assessment: the critical velocity and the 400-m test for age-group swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1365-1372.

### **Capítulo 3:**

Alodhayani, A. A., Bajaber, A. S., & Al-Hussan, R. S. (2017). Effect of low glycemic index and food exchange system diets on metabolic syndrome components in Saudi medical students. *Biomedical Research*, 28(4).

Alves, F. (1996). Economia de nado, técnica e desempenho competitivo nas técnicas alternadas. *Revista Natação*, 28(5).

Banack, H. R., Bloom, G. A., & Falcão, W. R. (2012). Promoting long term athlete development in cross country skiing through competency-based coach education: A qualitative study. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 7(2), 301-316.

Bompa, T. O. (1999a). *Periodization Training for Sports*, Human Kinetics.

Bompa, T. O. (1999b). *Periodization Training: Theory and Methodology-4th: Theory and Methodology-4th*, Human Kinetics.

Borg, G. (1998) Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics, Illinois.

Borges, P. R., Figueiredo, A., Silva C. J. M. & Rama, L. (2016). *Maturação, tamanho corporal, variáveis funcionais e desempenho em jovens nadadores pré-pubertários*. In P. Morouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (eds), *Natação e atividades Aquáticas- Pedagogia, Treino e Investigação* (pp.115-124). Portugal: Escola Superior de Educação e Ciências Sociais - Instituto Politécnico de Leiria.

Castelo, J.(1996). *Metodologia do treino desportivo*. Universidade Técnica de Lisboa.

Costa, M., Alves, F. & Pereira, G. J. (1999) Estudo do comportamento de variáveis fisiológicas e cronométricas no decurso de 400m livres em natação de competição. *XXII Congresso Técnico - Científico da APTN*.

Costa, M. J., Bragada, J. A., Marinho, D. A., Lopes, V. P., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2013a). Longitudinal study in male swimmers: a hierarchical modeling of energetics and biomechanical contributions for performance. *Journal of sports science & medicine*, 12(4), 614.

Costa, M. J., Bragada, J. A., Meijas, J. E., Louro, H., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2013b). Effects of swim training on energetics and performance. *International journal of sports medicine*, 34(06), 507-513.

Denadai, B. S., Greco, C. C., & Teixeira, M. (2000). Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10–12 years of different standards. *Journal of Sports Sciences*, 18(10), 779-784.

Dick, F. W. (1989). *Sports Training Principles*, A & C Black.

Domiciano, A. M., Serra de Araújo, A. P., & Ramos machado, V. H. (2011). Aspectos gerais do treinamento desportivo. *UNINGÁ Review*, 5(1).

Eriksson, B. O., & Saltin, B. (1974). Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. *Acta Paediatrica Belgica*, 28, 257-265.

Fernandes, R., Barbosa, T. M., & Vilas-Boas, J. P. (2002). Fatores cineantropométricos determinantes em natação pura desportiva. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 67-79.

Figueiredo, P., Arturo, J., e Fernandes, R. (2008). Operativizacián de un macrociclode entrenamiento en un club com escasos recursos. *Entrenamiento*, 2,19-27

Figueiredo, P., Silva, A., Sampaio, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2016). Front crawl sprint performance: A cluster analysis of biomechanics, energetics, coordinative, and anthropometric determinants in young swimmers. *Motor control*, 20(3), 209-221.

Freitas, L., Zacca, R., Marques, M. & Fernandes, J. R. (2017). Variabilidade dos parâmetros biomecânicos gerais nos 400 m crol antes e após um macrociclo de treino. In Flores, P. (eds), 7º Congresso Nacional de Biomecânica, Guimarães, Portugal.

Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports medicine*, 40(3), 189-206.

Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Lätt, E., Purge, P., Leppik, A., & Jürimäe, T. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19(1), 70-81.

Laffite, L. P., Vilas-Boas, J. P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R., & Louise Billat, V. (2004). Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(S1), S17-S31.

Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., & Jürimäe, T. (2009). Longitudinal development of physical and performance parameters during biological maturation of young male swimmers. *Perceptual and motor Skills*, 108(1), 297-307.

Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., & Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of sports science & medicine*, 9(3), 398.

Maglischo, E.W. (2003). *Swimming Fastest*. USA: Human Kinetics.

Mano, V., Mano, A., Crespo, J. & Fernandes, R. (2016). *Conceptualização e operacionalização do treino de nadadores juvenis no CDE*. In P. Morouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (eds), *Natação e atividades Aquáticas- Pedagogia, Treino e Investigação* (pp.115-124). Portugal: Escola Superior de Educação e Ciências Sociais - Instituto Politécnico de Leiria.

Matveev, L. P. (1981). *Fundamentals of Sports Training*. Progress Publishers.

Mauger, A. R., Neuloh, J., & Castle, P. C. (2012). Analysis of pacing strategy selection in elite 400-m freestyle swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(11), 2205-2212.

Mezzaroba, P. V., & Machado, F. A. (2014). Effect of age, anthropometry, and distance in stroke parameters of young swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 702-706.

Morais, J. E., Saavedra, J. M., Costa, M. J., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 15(3).

Morais, J. E., Marques, M. C., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2014). Longitudinal modeling in sports: Young swimmers' performance and biomechanics profile. *Human movement science*, 37, 111-122.

Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., Seifert, L., & Barbosa, T. M. (2015). Cluster stability as a new method to assess changes in performance and its determinant factors over a season in young swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 10(2), 261-268.

Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., Lopes, V. P., & Barbosa, T. M. (2017). Determinant factors of long-term performance development in young swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 12(2), 198-205.

Nasirzade, A., Sadeghi, A., Sobhkhiz, A., Mohammadian, K., Nikouei, A., Baghaiyan, M., & Fattahi, A. (2015). Multivariate analysis of 200-m front crawl swimming performance in young male swimmers. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 17(3).

Kjendlie, P. L., Stallman, R. K., & Stray-Gundersen, J. (2004). Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), 649-655.

Peyrebrune, M. C, Hardy, C.A. (1992). Heart rate and lactate responses to swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming. Swimming Science VI*, pp. 235-242.

Psycharakis, S. G., Cooke, C. B., Paradisis, G. P., O'hara, J., & Phillips, G. (2008). Analysis of selected kinematic and physiological performance determinants during incremental testing in elite swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 951-957.

Reilly, T., & Woodbridge, V. (1999). Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate-swimming velocity curves. *International journal of sports medicine*, 20(02), 93-97.

Robertson, E. Y., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., & Anson, J. M. (2009). Analysis of lap times in international swimming competitions. *Journal of sports sciences*, 27(4), 387-395.

Rushall, B. (1998). Basic training principles for pre-pubertal swimmers. *Swimming Science Bulletin*, 23.

Schnitzler, C., Seifert, L., & Chollet, D. (2008). Variability of coordination parameters at 400-m front crawl swimming pace. *Journal of sports science & medicine*, 8(2), 203.

Sengoku, Y., Nakamura, K., Takeda, T., Nabekura, Y., & Tsubakimoto, S. (2010). Can blood glucose threshold be determined in swimmers early in the swimming season? *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, pp. 224-225.

Sengoku, Y., Nakamura, K., Takeda, T., Nabekura, Y., & Tsubakimoto, S. (2011). Glucose response after a ten-week training in swimming. *International journal of sports medicine*, 32(11), 835-838.

Silva, A., Silva, F., Reis, A., Reis, V., Marinho, D., Carneiro, A., & Aida, F. (2007). Análise das componentes da prova como ponto de partida para a definição de objectivos na natação na categoria de cadetes. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 7(2), 189-201.

Silva, F. A., Seifert, L., Sousa, M., Willig, R., Alves, F., Vilas-boas, J., Fernandes, R. & Figueiredo, P. (2014). A multi-analysis of performance in 13- to 15-year-old swimmers: A pilot study. *XIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 242-248.

Smith, D. J., Norris, S. R., & Hogg, J. M. (2002). Performance evaluation of swimmers. *Sports Medicine*, 32(9), 539-554.

Sousa, M. (2009). *Determinação do limiar anaeróbio individual em nadadores cadetes*. Porto. Monografia realizada no âmbito da disciplina de seminário do 5º ano da Licenciatura em Desporto e Educação Física, na área de Desporto de Rendimento da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Stone, M. H., Collins, D., Plisk, S., Haff, G., & Stone, M. E. (2000). Training Principles: Evaluation of Modes and Methods of Resistance Training. *Strength & Conditioning Journal*, 22(3), 65.

Tanner, J., Whitehouse, R. & Healy, M. (1962). *A new system for estimating skeletal maturity for the hand and wrist, with standards derived from a study of 2.600 healthy british children*. Paris: Centre International de l' enfance.



Taylor, S. R., MacLaren, D. P. M. (1999). The relationship between blood lactate concentration and rate of perceived exertion in competitive swimmers. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, pp. 359-362.

Toubekis, A. G., Drosou, E., Gourgoulis, V., Thomaidis, S., Douda, H., & Tokmakidis, S. P. (2013). Competitive performance, training load and physiological responses during tapering in young swimmers. *Journal of human kinetics*, 38, 125-134.

Troup, J. (1982). A criança na natação, considerações fisiológicas. Circular Técnica da Federação Portuguesa de Natação.

Tschienie, P. (1977). Einige neue Aspekte zur Periodisierung des Hochleistungs trainingS (Quelques aspects nouveaux de la periodisation de i' entrainement de haut niveau). *Leistungssport*, 5, 379-382.

Vorontsov, A. R., Binevsky, D. A., Filonov, A. Y. & Korobova, E. A. (1999). The impact of individual's maturity upon strength in young swimmers. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, pp. 321-326.

Zacca, R., Fernandes, R. J. P., Pyne, D. B., & Castro, F. A. D. S. (2016). Swimming training assessment: the critical velocity and the 400-m test for age-group swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1365-1372.

Zanconato, S., Cooper, D. M., & Armon, Y (1991). Oxygen cost and oxygen uptake dynamics and recovery with 1 min of exercise in children and adults. *Journal of Applied Physiology*, 71(3), 993-998.

### **Discussão geral:**

Alves, F. (1993). Analysis of swimming races. Biomechanics - XIVth I.S.B Congress, Paris.

Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, J. M., & Pelayo, P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation

to front crawl swimming performances. *International Journal of Sports Medicine*, 23(02), 93-98.

Fernandes, R. (2013). *Biophysical characterization of low to extreme swimming intensities*. Porto. Detailed summary of seminar present to Aggregation examination in the 1st group of curricular units of the Faculty of Sport of University of Porto.

Fernandes, R. J., Keskinen, K. L., Colaço, P., Querido, A. J., Machado, L. J., Morais, P. A., ... & Boas, J. V. (2008). Time Limit at V· O<sub>2</sub>max Velocity in Elite Crawl Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 29(02), 145-150.

Fernandes, R. J., Sousa, M., Pinheiro, A., Vilar, S., Colaço, P., & Vilas-Boas, J. P. (2010b). Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10–11 years. *European Journal of Sport Science*, 10(5), 311-317.

Fernandes, R., Vilas-Boas, J. P.; Baldari, C. (2014b). Economia de Nado: Parâmetro Determinante na Avaliação e no Controlo do Treino. In Soares, Y. (eds), *Treinamento Esportivo - Aspectos Multifatoriais do Rendimento* (pp. 51-70). Medbook - Editora Científica Ltda.

Figueiredo, P., Silva, A., Sampaio, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2016). Front crawl sprint performance: A cluster analysis of biomechanics, energetics, coordinative, and anthropometric determinants in young swimmers. *Motor control*, 20(3), 209-221.

Freitas, L., Zacca, R., Marques, M. & Fernandes, J. R. (2017). Variabilidade dos parâmetros biomecânicos gerais nos 400 m crol antes e após um macrociclo de treino. In Flores, P. (eds), *7º Congresso Nacional de Biomecânica*, Guimarães, Portugal.

Kjendlie, P. L., Stallman, R. K., & Stray-Gundersen, J. (2004). Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), 649-655.

Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., & Jürimäe, T. (2009). Longitudinal development of physical and performance parameters during biological maturation of young male swimmers. *Perceptual and motor Skills*, 108(1), 297-307.

Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., & Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of sports science & medicine*, 9(3), 398.

Marinho, D. M., Barros, P. J., Gil, M. H., Sousa, A. B., & Neiva, H. P. (2016). A evolução na velocidade de nado durante 24 semanas de treino em jovens nadadores pré-pubertários. In P. Morouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (eds), *Natação e atividades Aquáticas- Pedagogia, Treino e Investigação* (pp.115-124). Portugal: Escola Superior de Educação e Ciências Sociais - Instituto Politécnico de Leiria.

Morais, J. E., Saavedra, J. M., Costa, M. J., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 15(3).

Pelarigo, J. G., Figueira, T. R., Perandini, L. A. B., Denadai, B. S., & Greco, C. C. (2007). Índices técnicos correspondentes à velocidade crítica e à máxima velocidade de 30 minutos em nadadores com diferentes níveis de performance aeróbia. *Rev. bras. med. esporte*, 13(3), 148-152.

Rushall, B. (1998). Basic training principles for pre-pubertal swimmers. *Swimming Science Bulletin*, 23.

Silva, A. J., Marques, A., & Costa, A. (2009). Identificação de talentos no desporto - Um modelo operativo para a natação. *Texto editora. Lisboa*.

Silva, F. A. (2011). *Technical characterization of front crawl and backstroke swimmers of 11-13 years of age*. Porto. Dissertação apresentada às provas de

2º Ciclo de Estudos em Desporto para Crianças e Jovens da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Silva, F. A., Seifert, L., Sousa, M., Willig, R., Alves, F., Vilas-boas, J., Fernandes, R. & Figueiredo, P. (2014). A multi-analysis of performance in 13- to 15-year-old swimmers: A pilot study. *XIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 242-248.

Sousa, M. (2009). *Determinação do limiar anaeróbio individual em nadadores cadetes*. Porto. Monografia realizada no âmbito da disciplina de seminário do 5º ano da Licenciatura em Desporto e Educação Física, na área de Desporto de Rendimento da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Troup, J. (1982). A criança na natação, considerações fisiológicas. Circular Técnica da Federação Portuguesa de Natação.

Wallace, L., Coutts, A., Bell, J., Simpson, N., & Slattery, K. (2008). Using session-RPE to monitor training load in swimmers. *Strength & conditioning journal*, 30(6), 72-76.

Zacca, R., Azevedo, R., Silveira, R. P., Vilas-Boas, J. P., Pyne, D. B., Castro, F. A. D. S., & Fernandes, R. J. (2017). Comparison of incremental intermittent and time trial testing in age-group swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.